

**PEMANFAATAN SISTEM *MICROBIAL FUEL CELL* (MFC)  
MENGUNAKAN BAKTERI *LACTOBACILLUS PLANTARUM*  
DENGAN SUBSTRAT BATANG SAGU (*METROXYLON*)**



**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Sains Pada  
Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

**SURIANA BINTI ARDI**

**NIM: 60400116028**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR  
2020**

## PENGESAHAN SKRIPSI

Proposal yang berjudul "*Pemanfatan Sistem Microbial Fuel Cell (Mfc) Menggunakan Bakteri Lactobacillus Plantarum Dengan Substrat Batang Sagu (Metroxylon)*" yang disusun oleh **SURIANA BINTI ARDI**, Nim: 60400116028 Mahasiswa Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam Ujian Munaqasha yang diselenggarakan pada hari rabu tanggal **12 Agustus 2020 M**, bertepatan dengan 2 Muharram 1442 H dinyatakan dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam ilmu Sains dan Teknologi, Jurusan Fisika (dengan beberapa perbaikan).

Makassar, 21 Agustus 2020 M  
2 Muharram 1442 H

### DEWAN PENGUJI :

Ketua	: Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd	(.....)
Sekretaris	: Ihsan, S.Pd., M.Si	(.....)
Munaqisy I	: Hernawati, S.Pd., M.Pfis	(.....)
Munaqisy II	: Dr.Sohrah, M.Ag	(.....)
Pembimbing I	: Rahmaniah, S.Si., M.Si	(.....)
Pembimbing II	: Nurul Fuadi, S.Si., M.Si	(.....)

Diketahui Oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Alauddin Makassar



Prof. Dr. Muhammad Halifah Mustami., M.Pd  
Nip. 19710412 200003 1 0001

### PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suriana Binti Ardi

Nim : 60400116028

Tempat/tanggal lahir : Malaysia/ 18 November 1997

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Alamat : Jl. Sultan Alauddin no.36, Makassar

Judul : Pemanfatan Sistem *Microbial Fuel Cell* (Mfc) Menggunakan  
Bakteri *Lactobacillus Plantarum* Dengan Substrat Batang Sagu  
(*Metroxylon*)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal karena hukum.

Samata, 30 Mei 2020

Penyusun



Suriana Binti Ardi

Nim:60400116028

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Rabbil'Alamin. Puji Syukur kita panjatkan kehadiran Allah Subhanahuwata'ala, yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Penelitian dengan judul **“Pemanfaatan Sistem *Microbial Fuel Cell* (MFC) Menggunakan Bakteri *Lactobacillus Plantarum* Dengan Substrat Batang Sagu (Metroxylon)”**. Shalawat dan salam kita mahon kepada Allah agar tercurah kepada nabi kita Muhammad saw, yang telah membawa umat dari zaman jahilliyah menuju zaman berakhlak mulia.

Penulis menyadari bahwa Penyusunan skripsi ini, masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun senantiasa Penulis harapkan. Penulis tidak akan bisa menyelesaikan Proposal ini tanpa pertolongan dan Rahmat dari Allah swt melalui wasilah manusia-manusia yang mendampingi penulis. Maka dari itu, terkhusus Penulis mengucapkan terima kasih kepada sang motivator terbaik di dunia yang saat ini di kampung halaman yaitu ibu **(Hamsia)** yang tiada henti dalam member dukungan secara lahir dan batin dengan doa, nasehat, semangat, materi, cinta dan kasih sayang. Juga kepada Bapak **(Ardi)** yang senantiasa membanting tulang dalam memenuhi kebutuhan kuliah, dan segala keperluan yang lain. Penulis sadar bahwa terima kasih saja tidak mungkin membalas segala jasa mereka, dengan karya ini dapat member kebahagiaan dalam hati mereka dan semoga menjadi amal jariyah yang dapat menyatukan kami di Surga-Nya, Insya Allah. Semoga Allah membalas jerit payah bapak dengan surga-Nya.

Selain kepada kedua orang tua, Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada Ibunda **Rahmaniah, S.Si., M.Si** selaku pembimbing yang telah dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu dalam membimbing, memberikan ilmu, inspirasi, motivasi, semangat dan pengorbanan beliau terhadap penulis. Kemudian kepada Ibunda **Nurul Fuadi, S.Si., M.Si** selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk membimbing Penulis dalam setiap tahap penyelesaian penyusunan Proposal ini sehingga dapat selesai dengan cepat dan tepat.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak dengan penuh keikhlasan dan ketulusan hati. Untuk itu, pada kesempatan ini, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof H. Hamdan Juhanis MA PhD** sebagai Rektor UIN Alauddin Makassar periode 2019 - 2023 .
2. Bapak **Prof. Dr. H. Muhammad Halifah Mustami, M.Pd** sebagai Dekan Fakultas Sains Teknologi UIN Alauddin Makassar periode 2019-2023.
3. Bapak **Ihsan, S.Pd., M.Si.**, selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi sekaligus Penasihat Akademik yang banyak memberi arahan dan pelajaran.
4. Bapak **Muh.Said L, S.Si., M.Pd.**, selaku Penasihat Akademik yang banyak memberi arahan dan pelajaran.
5. Ibu **Hernawati, S.Pd., M.Pd.** selaku penguji I yang banyak memberikan pelajaran dan saran-saran guna dalam memperbaiki tulisan ini.
6. Ustadzah **Dr.Sohrah, M.Ag.**, selaku penguji II yang banyak memberikan pelajaran dan saran-saran guna dalam memperbaiki tulisan ini, juga telah meluangkan waktunya.
7. Dosen – dosen Pengajar di Jurusan Fisika yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi mengenai ilmu pengetahuan.



8. Bapak dan Ibu Biro Akademik yang ada dalam lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi yang selalu siap dan sabar melayani penulis dalam pengurusan berkas akademik.
9. Terkhusus kepada Tim MFC Nurul Khaerani dan Restu Widiani yang telah meluangkan waktunya, juga telah memberikan bantuan, tenaga, pikiran dan semangat serta menjadi teman.
10. Terkhusus kepada Risma, Faisa dan Kurniah K atas semangat dan motivasi, sehingga Penulis semangat dalam penyelesaian tulisan ini.
11. Teman-teman BMI yang telah kebersamaian sehingga terbentuknya keluarga dalam bingkai ukhuwa yang saling mengingatkan dalam kebaikan dan saling menasehati.
12. Teman-teman “B16 BANG” atas kebersamaannya baik suka maupun duka, sehingga terciptanya persaudaraan yang kokoh atas nama cinta yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak atas jasa-jasanya semoga jasa-jasa tersebut bernilai ibadah dan amal jariyah dan kelak dapat berkumpul di Surga-Nya “*Amin YaRabbalAlamin*”

Samata-Gowa, 30 Mei 2020

Penyusun

SURIANA BINTI ARDI  
NIM: 60400116028

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Tanaman Sagu.....	8
2.2 <i>Microbia Fuel Cell</i> .....	9
2.2.1 Prinsip Kerja MFC .....	9
2.2.2 Kompartemen Anoda.....	10
2.2.3 Kompartemen Katoda.....	11
2.2.4 Elektroda.....	12

2.3 <i>Lactobacillus Plantarum</i> .....	13
2.4 Masa Pertumbuhan Mikroorganisme .....	14
2.5 Larutan Elektrolit .....	15
2.6 Jembatan Garam.....	16
2.7 Sifat Kimia dan Kestabilan .....	16
2.8 Multimeter Digital.....	17
2.9 pH (Derajat Keasaman).....	18
2.10 PowerDensity .....	19
2.11 Spektrofotometri Uv-Vis.....	20
2.12 Ayat-Ayat Integrasi.....	21
<b>BAB III MEODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	25
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.3 Prosedur Kerja.....	27
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Hasil dan Pembahasan.....	35
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>52</b>
V.1. Kesimpulan .....	52
V.2. Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>53</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRANGAMBAR .....</b>	<b>60</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pelaksanaan Percobaan .....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Tanpa Penambahan Larutan Elektrolit .....	36
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Dengan Penambahan Larutan Elektrolit dan Buffer .....	39-40
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Power Density .....	45



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Tegangan Tanpa Penambahan Elektrolit.....	37
Grafik 2 Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Arus Tanpa Penambahan Elektrolit.....	37
Grafik 3 Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Tegangan Pada Penambahan Kalium Permanganat .....	42
Grafik 4 Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Arus Pada Penambahan Kalium Permanganat .....	42
Grafik 5 Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Tegangan Pada Penambahan Kalium Ferrosianida .....	43
Grafik 6 Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Arus Pada Penambahan Kalium Ferrosianida .....	43
Grafik 7 Kurva Pertumbuhan <i>Lactobacillus Plantarum</i> Pada Media NB .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Batang Sagu.....	8
Gambar 2 Prinsip Kerja Sistem MFC .....	9
Gambar 3 Elektroda Batang Grafit .....	11
Gambar 4 <i>Lactobacillus Plantarum</i> .....	12
Gambar 5 Ilustrasi Bakteri Kontak dengan Elektroda .....	13
Gambar 6 Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme .....	14
Gambar 7 Larutan Elektrolit .....	16
Gambar 8 Struktur Kimia Riboflavin.....	18
Gambar 9 Multimeter digital.....	19
Gambar 10 Skema kerja spektrofotometri UV-Vis.....	21

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
**ALAUDDIN**  
M A K A S S A R

## ABSTRAK

**Nama : Suriana Binti Ardi**

**NIM : 60400116028**

**Judul : Pemanfaatan Sistem *Microbial Fuel Cell* (Mfc) Menggunakan Bakteri *Lactobacillus Plantarum* Dengan Substrat Batang Sagu (*Metroxylon*)**

*Microbia Fuel Cell* (MFC) merupakan sistem pembangkit energi listrik dengan memanfaatkan interaksi bakteri dengan substrat. MFC membangkitkan listrik dengan mengoksidasi bahan organik melalui bantuan mikroba. Pada penelitian ini menggunakan substrat dari batang sagu dan bakteri *Lactobacillus plantarum*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui produksi energi listrik dari substrat batang sagu menggunakan teknologi MFC dengan penambahan kombinasilarutan buffer dan larutan elektrolit serta menggunakan *Lactobacillus plantarum*. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa arus dan tegangan maksimum yang dihasilkan substrat batang sagu tanpa penambahan larutan elektrolit dan buffer yaitu sebesar 0,8 mA dan 91.4 mV dengan power density 50.082 mW/m<sup>2</sup>. Untuk pengaruh penambahan kombinasi larutan elektrolit kalium permanganat dan buffer kalium fosfat pH7, nilai arus dan tegangan maksimum yang dihasilkan sebesar 1.3 mA dan 102.3 mV dengan nilai power density 91.089 mW/m<sup>2</sup> sedangkan pengaruh penambahan kombinasi larutan kalium ferrosianida dan buffer natrium fosfat pH7 nilai arus dan tegangan maksimum yang dihasilkan sebesar 0.8 mA dan 49.8 mV dengan power density yaitu sebesar 27.287 mW/m<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** *Microbial Fuel Cell*, batang sagu, *Lactobacillus plantarum*, elektrolit, buffer

## ABSTRACT

**Name : Suriana Binti Ardi**

**NIM : 60400116028**

**Title : Utilization of Microbial Fuel Cell (Mfc) System Using Lactobacillus Plantarum Bacteria with Sago Stem Substrate (Metroxylon)**

---

*Microbia Fuel Cell (MFC) is a system of generating electrical energy by utilizing the interaction of bacteria with the substrate. MFC generates electricity by oxidizing organic matter through the help of microbes. In this study, using a substrate from sago stems and Lactobacillus plantarum bacteria. The purpose of this study was to determine the production of electrical energy from the sago stem substrate using MFC technology by adding a combination of buffer and electrolyte solutions and using Lactobacillus plantarum. The results showed that the maximum current and voltage produced by the sago stem substrate without the addition of electrolyte and buffer solutions were 0.8 mA and 91.4 mV with a power density of 50.082 mW / m<sup>2</sup>. For the effect of adding a combination of potassium permanganate electrolyte solution and pH7 potassium phosphate buffer, the resulting maximum current and voltage values are 1.3 mA and 102.3 mV with a power density value of 91.089 mW / m<sup>2</sup> while the effect of adding a combination of potassium ferrocyanide solution and pH7 sodium phosphate buffer is the value of current and The resulting maximum voltage is 0.8 mA and 49.8 mV with a power density of 27,287 mW / m<sup>2</sup>.*

**Keywords:** Microbial Fuel Cell, sago stalks, Lactobacillus plantarum, electrolytes, buffer

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanaman sagu adalah spesies dari genus *Meroxylon* yang termasuk ke dalam family Palmae. Sagu tumbuh di daerah tropis yang panas dan lembab. Tanaman sagu merupakan tanaman yang memiliki beberapa kandungan yaitu, pada ampas sagu 19.55% selulosa, kulit batang sagu 56.86% selulosa, pada kayu 39% selulosa, pati 24%, Gula pentose 20.6%, residu lignin 20.6%, dan ekstraktif 10% (Bayu: 2011).

Potensi sagu di Indonesia (1.4 juta ha) mencapai lebih dari 50% potensi pertaniansagu dunia (2.2 juta ha) (Susanto:2006). Areal penanaman sagu di Indonesia tersebar di banyak daerah seperti Papua, Maluku, Riau, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara. Khususnya daerah Sulawesi Selatan menurut data statistik (Direktorat Jenderal Perkebunan:2018) produksi sagu Sulawesi Selatan dari tahun 2016-2018 sangat tinggi, Sulawesi Selatan memiliki 4.383 hektar lahan sagu dan tingkat produksi 2.626 ton ditahun 2018. Tingginya kandungan pati pada sagu, sehingga dapat digunakan sebagai makanan pokok oleh masyarakat, dan kandungan selulosa yang ada pada batang sagu juga tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai nutrisi bagi mikroorganisme, serta dapat digunakan pada teknologi *microbial fuel cell* (MFC) untuk menghasilkan energi ramah lingkungan.

*Microbial Fuel Cell (MFC)* merupakan perangkat yang menggunakan aktif mikroorganisme (bakteri) sebagai biokatalis di anoda dengan proses anaerob untuk menghasilkan biolistrik. MFC melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi sehingga dibutuhkan oksidator dalam prosesnya yaitu dimana elektron diproduksi oleh bakteri oleh substrat yang ditransfer ke anoda dan ke katoda yang dihubungkan



dengan bahan konduksi sebagai resistor (Desi: 2017). Energi yang dihasilkan dapat diperoleh dari berbagai macam substrat seperti glukosa, asetat, butirat, laktat, etanol dan selulosa (Catal, et al :2007 dalam Heri Heryono:2019). Prinsip kerja dari sistem MFC yaitu mikroba melakukan metabolisme dalam keadaan anaerob dengan mengurai glukosa menjadi proton ( $H^+$ ), elektron ( $e^-$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ), elektron yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber arus listrik. Elektron akan dialirkan menuju katoda melalui sirkuit luar, sedangkan proton berdifusi melalui jembatan garam menuju katoda. Pada ruang katoda terdapat oksigen, sehingga proton yang berupa ion hidrogen akan cenderung berikatan dengan oksigen membentuk air. Karena dalam pembentukan air membutuhkan electron , sehingga electron yang melekat pada elektroda ruang anoda harus menuju ruang katoda melewati kawat eksternal. Sehingga aliran elektron dari anoda ke katoda yang dikonversikan menjadi energi listrik dalam sistem MFC (Devitasari,dkk:2016). *Micobial Fuel Cell* (MFC) selain ramah lingkungan juga memiliki banyak kelebihan karena dapat menghasilkan energi listrik hasilpemanfaatan material organik batang sago dengan memanfaatkan mikroba *Lactobacillus plantarum*.

*Lactobacillus plantarum* adalah bakteri asam laktat dari famili Lactobacillaceae dan genus Lactobacillus. Bakteri ini bersifat Gram positif, non motil, dan memiliki bukurun  $0,6-0,8\mu m \times 1,2-6,0\mu m$ . *Lactobacillus plantarum* juga merupakan bakteri selulolitik yaitu bakteri yang memiliki kemampuan menguraikan selulosa menjadi monomer glukosa dan menjadikannya sebagai sumber karbon dan sumber energi (Hardjo:1994). Pemanfaatan bakteri selulolitik yaitu sebagai penghasil enzim selulase yang digunakan untu menghidrolisis selulosa. Adanya riboflavin dalam tubuh mikroorganisme sebagai bagian dari berbagai susunan enzim. Enzim yang dimaksud dengan flavoprotein (enzim kuning karena warnanya

kuning yang disebabkan oleh gugusan flavin). Dalam proses katabolisme (pemecahan) glukosa dibutuhkan satu atau lebih enzim kuning bersama-sama koenzim I dan koenzim II untuk menghasilkan energi yang berguna untuk proses tubuh. Riboflavin merupakan bagian dari enzim-enzim oksidase yang berfungsi sebagai tingkatan terakhir metabolisme protein. Secara alami, mikroorganisme dapat memproduksi riboflavin oleh dirinya sendiri. Riboflavin yang terakumulasi dalam bakteri mampu meningkatkan elektrisitas hingga 370% karena memiliki kemampuan mentransfer elektron dari bakteri ke elektroda (Deni, 2011).

Besarnya energi listrik pada sistem MFC dipengaruhi oleh laju metabolisme yang dilakukan oleh bakteri. Dalam proses metabolisme, *Lactobacillus plantarum* menggunakan glukosa dan selulosa sebagai sumber energi. Proses metabolisme glukosa akan membentuk ATP (Adenosin trifosfat) dan molekul lainnya seperti CO<sub>2</sub>, asam laktat dan etanol. Selain itu, terdapat pula hubungan antara ukuran sel bakteri terhadap besarnya energi listrik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Lee (2010), bahwa bakteri dengan ukuran yang lebih kecil mampu menghasilkan energi listrik lebih besar daripada bakteri yang berukuran besar. Menurut Baharuddin,dkk (2015), bahwa selulosa yang terdapat pada tumbuhan berpotensi dapat diubah menjadi gula sederhana dengan bantuan bakteri selulolitik. Gula yang dihasilkan dapat digunakan sebagai sumber karbon dan nutrisi oleh pertumbuhan bakteri.

Penelitian menggunakan MFC dengan memanfaatkan limbah telah banyak dilakukan, namun penelitian MFC dengan memanfaatkan substrat masih sangat sedikit, seperti penelitian yang dilakukan oleh Ilmi Muftiana,dkk (2018) menggunakan substrat whey tahu dan *Lactobacillus bulgaricus* dengan memanfaatkan kandungan karbohidrat didalamnya dengan menambahkan larutan elektrolit KMnO<sub>4</sub> 99,2 mV lebih tinggi dari K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> menghasilkan tegangan

maksimum 48,6 mV. Devitsari,dkk (2016) menggunakan substrat whey tahu dan *Lactobacillus bulgaricus* dengan bervariasi pH natrium fosfat dan menambahkan larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan tegangan maksimum 42,2 mV.

Dengan kandungan selulosa yang ada pada batang sagu, sehingga batang sagu dapat digunakan sebagai substrat dan sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi energi listrik dari substrat batang sagu menggunakan teknologi MFC dengan menambahkan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  sebagai larutan elektrolit. Dalam penelitian ini digunakan MFC dengan dua ruang, substrat batang sagu ditempatkan dalam ruang anoda dan  $\text{KMnO}_4$  ditempatkan dalam ruang katoda, kemudian diukur nilai tegangan, arus, power density yang dihasilkan dari rangkaian substrat batang sagu selama 36 jam.

Berdasarkan Hal tersebut peneliti melakukan penelitian dengan Judul "***Pemanfaatan Sistem Microbial Fuel Cell (MFC) Menggunakan Bakteri Lactobacillus Plantarum Dengan Substrat Batang Sagu (Metroxylon)***".

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana potensi energi listrik yang dihasilkan Substrat Batang Sagu (*Metroxylon*) dengan menggunakan teknologi *Microbial Fuel Cells*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  terhadap kinerja MFC untuk memproduksi energi listrik?
3. Bagaimana besar power density, tegangan dan arus yang dihasilkan pada substrat batang sagu dan *L. Plantarum* dengan menggunakan teknologi MFC?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui potensi energi listrik yang dihasilkan Substrat Batang Sagu (*Metroxylon*) dengan menggunakan teknologi *Microbial Fuel Cell*.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  terhadap kinerja MFC untuk memproduksi energi listrik.
3. Untuk mengetahui besar power density, tegangan dan arus yang dihasilkan pada substrat batang sagu dan *L. Plantarum* dengan menggunakan teknologi MFC.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi kepada masyarakat bahwa batang sagu dapat digunakan sebagai substrat untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan MFC (*microbial fuel cell*).
2. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa MFC sebagai teknologi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi terbarukan dengan substrat batang sagu.
3. Sagu menjadi salah satu sumber penghasil energi alternatif, dengan memanfaatkan sistem Microbial Fuel Cell (MFC).

#### 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah

1. Batang sagu yang digunakan yaitu batang sagu tua, yang memiliki kandungan pati tinggi dan selulosa yang tinggi.
2. Suhu yang digunakan untuk menginkubasi mikroorganisme yaitu  $37^\circ\text{C}$ .
3. Reaktor yang digunakan pada sistem MFC ini adalah *dual chamber*.
4. Elektroda grafit yang digunakan yaitu dari baterai bekas.
5. Uji Uv-Vis dengan menggunakan Spektrometer

6. Jenis bakteri yang digunakan yaitu *L.Plantarum* dan substrat baang yang digunakan yaitu batang sagu tidak berduri.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanaman Sagu**

Sagu ( *Metroxylon*) merupakan tumbuhan dari keluarga palmae wilayah tropik basah. Secara ekologi, sagu tumbuh pada daerah rawa-rawa air tawar atau daerah rawa bergambut, daerah sepanjang aliran sungai, sekitar sumber air, atau rawa. Habitat tumbuh sagu dicirikan oleh sifat tanah, air, mikro iklim, dan spesies vegetasi dalam habitat. Berdasarkan informasi tempat tumbuh sagu yang dapat tumbuh di berbagai tempat, maka dapat dikatakan bahwa tumbuhan sagu mempunyai daya adaptasi yang tinggi (Suryana, 2007) dalam (Samin,dkk:2011). Menurut data perkebunan terdapat lima jenis sagu yang tumbuh dalam komunitas alami maupun budidaya yaitu sagu tuni, makanaro, ihur, duri rotang, dan molat (Louhenapessy, 2006) dalam (samin,dkk,2011). Studi ekologi sagu yang selama ini telah dilakukan masih memerlukan suatu penelitian tentang autekologinya yaitu struktur populasi, kelimpahan spesies penentuan preferensi ekologi seperti tipe habitat, interaksi spesies dengan tipe habitat, mekanisme adaptasi, interaksi dengan parameter lingkungan, penghasil energi alternatif dan potensi tumbuhan sagu.

Tanaman sagu termasuk salah satu komoditi bahan yang banyak mengandung karbohidrat, sehingga sagu merupakan bahan makanan pokok untuk beberapa daerah di Indonesia seperti Maluku, Irian Jaya dan sebagian Sulawesi. Kulit dan batang sagu mengandung selulosa (56.86%) dan lignin yang lebih banyak (37,70%) lebih besar daripada ampas sagu serta kulit batang sagu mengandung selulosa dan lignin besar dibanding kayu (Kiat: 2006) dalam (Sumimi,dkk: 2016).





**Gambar 1 Batang Sagu**

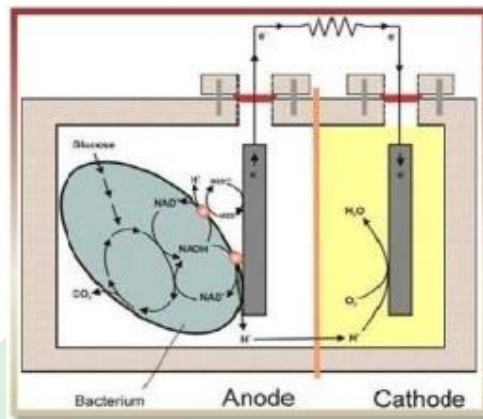
Sumber Inenti: 2016

## **2.2 Microbia Fuel Cell**

*Microbia Fuel Cell* atau yang dikenal dengan istilah MFC merupakan sistem pembangkit listrik memanfaatkan interaksi bakteri yang terdapat di alam. MFC membangkitkan listrik dengan mengoksidasi bahan organik melalui bantuan mikrobial. Aktivitas katalik dan transfer proton dilakukan dengan menggunakan enzim atau tambahan mediator (Kordes and Siamder 2001 dalam Rizki 2012). Bahan organik yang dapat digunakan sebagai substrat dalam microbial fuel cell adalah glukosa (Tania dan Rita 2017), lumpur (Dessy dan Chanifa 2017), secara umum mekanisme prosesnya adalah substrat dioksidasi oleh bakteri sehingga menghasilkan elektron dan proton di ruang anoda. Penggunaan mikroorganisme dalam MFC ini bertujuan untuk menggantikan fungsi enzim sehingga dihasilkan energi listrik melalui proses metabolisme.

### **2.2.1 Prinsip Kerja MFC**

Prinsip kerja MFC bergantung pada pembelahan semi reactions dari oksidasi dan reduksi yang membentuk reaksi redoks khas, hal ini terjadi dalam dua kompartemen yang berbeda. Kompartemen anodik, oksidasi substrat katalisis exoelectrogen bakteri dan transfer elektron, yang dibebaskan dari respiratory rantai seluler, untuk logam elektroda yaitu anoda (Rozendal:2008) (dalam Dessy:2017).



**Gambar 1. Prinsip Kerja Sistem MFC**

Sumber: Kim 2009 dalam Rizki Januari, dkk (2012: 2)

Dalam proses kerja sistem MFC dapat dipengaruhi beberapa hal, sebagaimana dikatakan Liu (2005) dalam (Deni Novitasari : 2011), faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain kecepatan degradasi substrat, kecepatan transfer dari bakteri ke anoda dan transfer proton dalam larutan. Sedangkan Chauduri dan Lovely (2003) dalam (Deni Novitasari : 2011), menyatakan bahwa kinerja MFC dapat dipengaruhi oleh aktivitas bakteri dan substrat yang digunakan. Selain itu, kinerja MFC juga dipengaruhi oleh suhu, karena media digunakan pada kompartemen anoda adalah bakteri (Devi: 2005).

### 3.2.2 Kompartemen Anoda

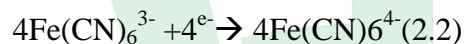
Kompartemen anoda berisikan bakteri dan substrat yang digunakan. Substrat yang digunakan adalah batang sagu. Batang sagu yang memiliki kandungan selulosa, sehingga dapat digunakan sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. Bakteri pada anoda akan memetabolisme selulosa untuk menghasilkan ATP. Elektron yang dihasilkan akan diberikan  $\text{NAD}^+$  kemudian direduksi menjadi  $\text{NADH}$ , sebagai koenzim yang akan membawa elektron pada proses metabolisme pada tingkat sel. Pada rantai transfer elektron yang terjadi pada membran plasma bakteri,  $\text{NADH}$  akan teroksidasi membentuk  $\text{NAD}^+$ . Sebagai pasangan redoks. Kemudian memberikan elektronnya pada akseptor elektron yang

memiliki potensi redoks lebih rendah. Dalam respirasi aerob, oksigen berperan sebagai akseptor elektron yang akan bereaksi dengan ion  $H^+$  membentuk air dan melepaskan energi bebas yang akan digunakan dalam fosforilasi oksidatif untuk mensintesis ATP dari ADP fosfat organik. Berikut persamaan yang terjadi pada kompartemen anoda dalam sistem MFC (Barua: 2010)



### 3.2.3 Kompartemen Katoda

Pada Kompartemen katoda, diberi larutan elektrolit yang bersifat konduktif. Kalium Ferisianida  $K_3Fe(CN)_6$  dan  $KMnO_4$  dikenal sangat baik sebagai akseptor pada sistem MFC.  $K_3Fe(CN)_6$  merupakan spesies elektroaktif yang mampu menangkap elektron dengan baik dengan harga potensial reduksi standar sebesar +0,36 V. Berikut reaksi yang terjadi pada kompartemen katoda dalam sistem MFC (Logan: 2006).



### 3.2.4 Elektroda

Elektroda merupakan sebuah logam yang harus bersifat konduktif, sesuai dengan makhluk hidup dan secara kimia stabil di dalam larutan bioreaktor. Logam dapat berupa *stainless steel* nonkorosif, tetapi tembaga tidak dapat digunakan akibat adanya toksisitas ion tembaga pada bakteri. Material elektroda yang paling bermanfaat adalah karbon, dalam bentuk lempeng grafit (padat, batang atau granula), dalam bentuk material fiber/brasal dan dalam bentuk *glass carbon*. Dari ketiga bentuk karbon, lempengan atau batang grafit banyak dipakai karena relatif murah, sederhana dan memiliki luas permukaan tertentu. Area permukaan yang lebih luas

diberikan oleh elektroda lelehan grafit ( $0.47 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , seri GF, GEE Graphite Limited, Dewsbury.UK). Tetapi tidak semua area permukaan yang terindikasi dapat digunakan oleh bakteri (Logan: 2006).

Karbon aktif merupakan karbon yang memiliki struktur amorphous atau monokristalin yang telah melalui perlakuan khusus sehingga memiliki luas permukaan yang sangat besar ( $300\text{-}2000 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ ). Karakteristik karbon yang ideal adalah pada rentang pH antara 5-6 ( $50 \text{ g/l H}_2\text{O}$ ,  $20^\circ$ ) titik leleh  $3800^\circ\text{C}$  dan ukuran partikel  $\leq 50 \mu\text{m}$ . Sebelum menggunakan elektroda, elektroda tersebut harus dibersihkan dan diaktifkan terlebih dahulu. Dengan merendam dalam larutan HCL 1 M dan NaOH 1M, masing-masing selama 1 hari. Tujuannya adalah untuk menghilangkan kontaminasi logam dan bahan organik (Chae:2008). Kemudian elektroda disimpan dalam aquades hingga saat akan digunakan.



**Gambar 2. Elektroda Batang Grafit**

Sumber Arif,dkk: 2016

### 2.3 *Lactobacillus Plantarum*

Bakteri *Lactobacillus plantarum* merupakan bakteri asam laktat dari famili *Lactobacillaceae* dan genus *Lactobacillus*. Bakteri ini bersifat gram positif, non motil, dan berukuran  $0,6-0,8\mu\text{m} \times 1,2-6,0\mu\text{m}$ . Bakteri ini memiliki sifat antagonis terhadap mikroorganisme penyebab kerusakan makanan seperti *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, dan Gram negatif. *Lactobacillus plantarum* bersifat toleran terhadap garam, memproduksi asam dengan cepat dan memiliki pH 5,3 hingga 5,6 (Buckle :1987).



**Gambar 3. *Lactobacillus Plantarum***

SumberBuckle :1987

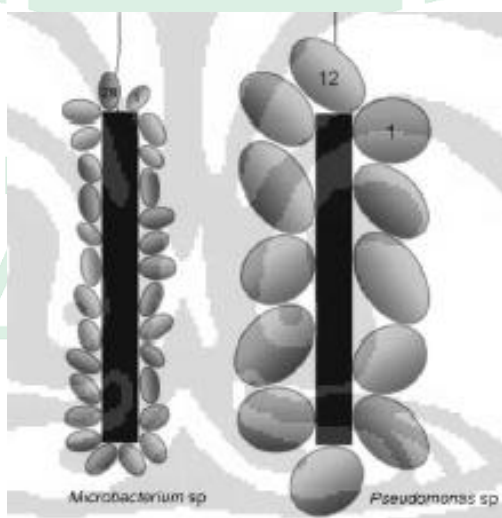
Sebagianbesar mikroorganisme tidak dapat mentolerasi level pH diatas 9,5 atau dibawah 4. Secara umum pH optimal untuk pertumbuhan adalah antara 6,5 dan 7,5 (Velasquez :2009).

Dalam media agar, *Lactobacillus Plantarum* membentuk koloni berukuran 2-3 mm, berwarna putih opaque, conveks dan dikenal sebagai bakteri pembentuk asam laktat. *Lactobacillus Plantarum*memiliki kemampuan merombak senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan hasil akhirnya asam laktat (Nguyen:2007). Menurut (Buclet:1998) , asam laktat dapat menghasilkan pH yang rendah pada substrat sehingga menimbulkan suasana asam. *Lactobacillus*

*Plantarum* dapat meningkatkan keasaman sebesar 1,5 sampai 2,0% pada substrat (Salminen: 2004).

Kemampuan *Lactobacillus Plantarum* dalam menghasilkan asam laktat dan menurunkan pH substrat, sehingga pertumbuhan *Lactobacillus Plantarum* dapat menghambat kontaminasi dari mikroorganisme *pantogen* dan mikroorganisme penghasil racun (Jeni dan Rini: 1995).

Besarnya energi listrik pada sistem MFC dipengaruhi oleh laju metabolisme yang dilakukan oleh bakteri. Oleh Karena itu, penggunaan bakteri yang berbeda akan menghasilkan energi listrik yang berbeda pula. Selain itu, terdapat pula hubungan antara ukuran sel bakteri terhadap besarnya energi listrik yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Lee(2010), bahwa bakteri dengan ukuran yang lebih kecil mampu menghasilkan energi listrik lebih besar daripada bakteri yang berukuran besar. Fenomena ini disebabkan oleh perbedaan densitas bakteri yang terdapat disekeliling elektroda, di mana bakteri ukuran kecil dapat lebih banyak melakukan kontak dengan elektroda, seperti yang terlihat pada gambar berikut.



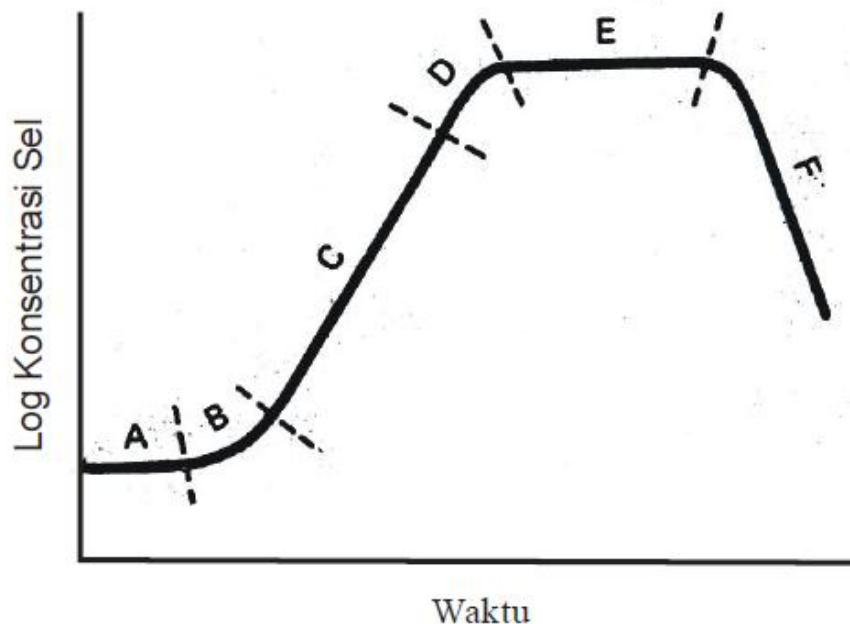
**Gambar.4 Ilustrasi Bakteri Kontak dengan Elektroda**

Sumber Deni: 2011



### 2.3 Masa Pertumbuhan Mikroorganisme

Menurut Ririn Puspawati, dkk (2011) Fase pertumbuhan mikroorganisme, merupakan gambaran bahwa mikroorganisme mengalami pertumbuhan secara bertahap sejak awal hingga berhenti mengadakan aktivitas sebagaimana makhluk hidup pada umumnya. Kurva ini umumnya terbagi ke dalam beberapa fasa pertumbuhan, yaitu :



Gambar 5 Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme

#### Fase lambat (Lag, A - B)

Fase Lambat merupakan fase dimana mikroba melakukan proses adaptasi terhadap media biasanya pada saat belum terjadi pembelahan sel. Fase lambat ini terjadi beberapa menit hingga beberapa jam hal ini tergantung pada spesies, umur dari sel inokulum dan lingkungannya.

#### Fase eksponensial (logaritmik, C-D)

Fase eksponensial merupakan fase dimana mikroba mengalami pertumbuhan secara cepat, dengan menggunakan nutrisi dalam medium untuk pertumbuhan sel.

### **Fase stasioner (E)**

Pada fase stasioner mikroba mengalami pertumbuhan secara konstan, hal ini disebabkan jumlah nutrisi berkurang dan proses metabolic sekunder meningkat. Sehingga nutrisi dalam medium yang digunakan untuk pertumbuhan jumlah sel yang ada.

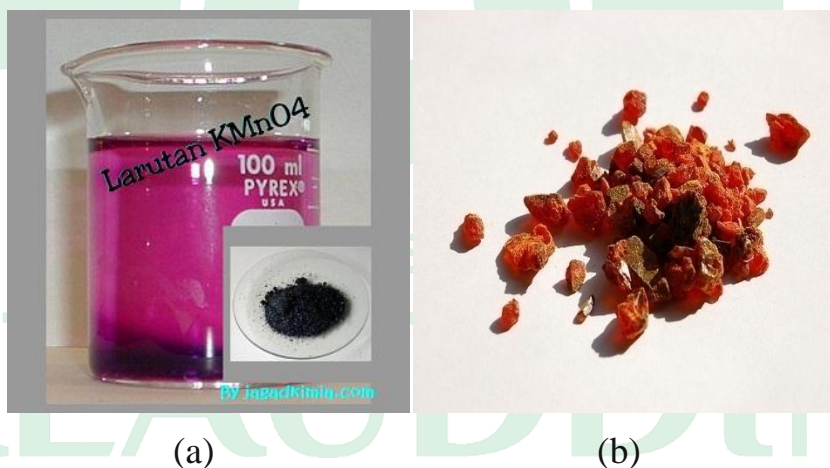
### **Fase kematian (F)**

Pada fase kematian, dimana jumlah nutrisi berkurang menyebabkan mikroba tidak dapat melakukan metabolisme sehingga banyak mikroba yang mati dan disebabkan pula karena meningkatnya metabolit toksik dalam kedua kompartemen menyebabkan jumlah biomassa menurun dan energi yang dihasilkan semakin kecil.

## **2.5 Larutan Elektrolit**

Dalam upaya meningkatkan produksi energi listrik dalam sistem MFC salah satunya dengan menggunakan larutan elektrolit yang tepat dengan konsentrasi yang tepat. Menurut Jia,dkk., jenis larutan elektrolit yang digunakan pada kompartemen katoda dapat mempengaruhi produksi listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC karena MFC merupakan sistem bioelektrokimia dimana terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik dengan melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi dengan menggunakan peran mikroba pada kompartemen katoda diperlukan suatu oksidator yang berperan sebagai akseptor elektron dari kompartemen anoda. Beberapa jenis elektrolit yang digunakan dalam kompartemen katoda dalam sistem MFC antara lain  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ . Penggunaan kalium permanganat untuk sistem MFC dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* telah dilakukan oleh Arbiantidkk, yaitu dengan menggunakan substrat glukosa, selain menggunakan  $\text{KMnO}_4$  pada penelitian tersebut juga menggunakan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , hasil yang diperoleh yaitu power density untuk sistem MFC dengan  $\text{KMnO}_4$  33,5% lebih besar daripada sistem MFC yang menggunakan elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ . Wei dkk. (2012) menyatakan bahwa

konsentrasi  $K_3Fe(CN)_6$  yang digunakan sebagai larutan elektrolit untuk microbial fuel cell dengan menggunakan bakteri *Clostridium pasteurianum* berpengaruh terhadap energi listrik yang dihasilkan.  $KMnO_4$  merupakan suatu oksidator kuat dengan potensial reduksi standar 1,70 V sehingga menjadikan  $KMnO_4$  sering digunakan sebagai aseptor elektron dalam suatu sistem elektrokimia termasuk dalam sistem MFC[7].  $K_3[Fe(CN)_6]$  merupakan suatu oksidator yang bersifat elektroaktif yang mampu menangkap elektron dengan baik dengan harga potensial standar sebesar 0,36 V. Keuntungan menggunakan  $K_3[Fe(CN)_6]$  sebagai larutan elektrolit pada sistem MFC yaitu dihasilkannya overpotensial yang rendah apabila menggunakan elektroda karbon. Sehingga pada penelitian ini menggunakan sagu sebagai substrat dalam sistem MFC menggunakan batang sagu dan bakteri *Lactobacillus plantarum* dan dilakukan pengujian pengaruh jenis konsentrasi larutan elektrolit yaitu  $KMnO_4$  (kalium permanganat) dan  $K_3Fe(CN)_6$  (kalium ferisianida) (Ilmi, dkk : 2018).



Gambar. 5 a)  $KMnO_4$  dan b)  $K_3Fe(CN)_6$

Sumber Wikipedia.com

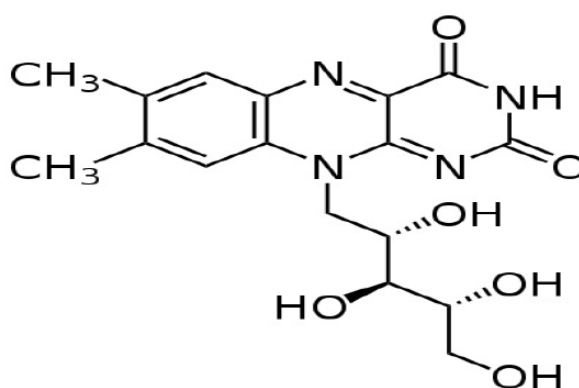
## 2.6 Jembatan Garam

Jembatan garam merupakan salah satu alat yang memiliki peran penting dalam sistem MFC karena berfungsi untuk menjaga kenetralan muatan listrik pada larutan. Hal ini disebabkan karena konsentrasi larutan elektrolit pada jembatan garam lebih tinggi daripada konsentrasi elektrolit di kedua bagian elektroda, maka ion negatif dari jembatan garam masuk ke salah satu setengah sel yang kelebihan muatan positif dan ion positif dari jembatan garam berdifusi ke bagian lain yang kelebihan muatan negatif. Dengan adanya jembatan garam memudahkan dalam proses aliran elektron secara kontinu melalui rangkaian luar dimana aliran ion-ion yang melalui larutan sebagai akibat proses redoks secara spontan yang terjadi pada elektroda, sedangkan agar-agar dalam jembatan garam berfungsi untuk menjaga larutan elektrolit pada kompartemen katoda tidak mengalir ke ruang anoda.

## 2.7 Sifat Kimia dan Kestabilan

Struktur kimia dan kestabilan di dalam MFC terdapat riboflavin yang terdiri dari cincin isoaloksazin dengan rantai samping ribitol. Yang berikatan dengan gula alkohol, ribitol. Dimana jenis vitamin ini berupa pigmen fluoresen berwarna yang relatif stabil terhadap panas tetapi terurai dengan cahaya yang visible. Bentuk aktif riboflavin adalah flavin mononukleatida (FMN) dan flavin adenine dinukleotida (FAD). FMN terbentuk akibat reaksi fosforilasi riboflavin yang tergantung pada ATP sedangkan FAD disintesis oleh reaksi selanjutnya dengan ATP dimana bagian AMP dalam ATP dialihkan kepada FMN. Flavin adenine difosfat (FAD) dibentuk bila FMN pada rantai sampingnya dikaitkan dengan adenin monofosfat. Enzim-enzim flavoprotein yang mengandung FMN dan FAD terikat pada bermacam apoenzim dan terlibat dalam reaksi oksidasi-reduksi berbagai jalur metabolisme yang berpengaruh terhadap respirasi sel. Dalam bentuk murni, riboflavin alkali kristal kuning. Riboflavin larut air, tahan panas, oksidasi dan asam, tetapi tidak tahan alkali dan cahaya terutama

sinar ultraviolet. FMN dan FAD berfungsi sebagai gugus prostetik enzim 25 oksidoreduktase, gugus prostetiknya terikat erat akan tetapi nonkovalen dengan apoproteinnya. Enzim-enzim flavoprotein tersebar luas dan diwakili oleh beberapa enzim oksidoreduktase yang penting dalam metabolisme mamalia, misalnya oksidase asam  $\alpha$  amino dalam reaksi deaminasi asam amino, sentin oksidase dalam penguraian purin, aldehid dehidrogenase, gliserol 3 fosfat dehidrogenase mitokondria dalam proses pengangkutan sejumlah ekuivalen pereduksi dari sitosol ke dalam mitokondria, suksinat dehidrogenase dalam siklus asam sitrat, Asil ko-A dehidrogenase, serta flavoprotein pengalihan elektron dalam oksidasi asam lemak dan dihidrolipol dehidrogenase dalam reaksi dekarboksilasi oksidatif piruvat serta  $\alpha$ -ketoglutarat, NADH dehidrogenase merupakan komponen yang memiliki peran utama dalam rantai respirasi dalam mitokondria. Sistem enzim semua ini akan terganggu pada defisiensi riboflavin. Dalam peranannya sebagai koenzim, flavoprotein mengalami reduksi reversibel cincin isoaloksazin hingga menghasilkan bentuk FMN<sub>H2</sub> dan FAD<sub>H2</sub> (Akhilender, 2003) dalam (Vyna:2018).



**Gambar. 6 Struktur Kimia Riboflavin**

Sumber Vyna: 2018

## 2.5. Multimeter Digital

Multimeter digital adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan (resistansi). Pada sistem MFC multimeter digunakan untuk mengukur nilai arus dan tegangan. Selain dari itu pada perkembangannya multimeter dapat digunakan untuk beberapa fungsi seperti mengukur temperatur, induktansi, frekuensi, dan sebagainya. Ada juga orang yang menyebut multimeter dengan sebutan AVO meter, gabungan dari A (ampere), V(volt), dan (ohm). Multimeter digital digunakan untuk mengukur arus dan tegangan substrat yang terdapat pada reactor MFC (Deni: 2011).



**Gambar. 7 Multimeter Digital**

Sumber Deni: 2011

## 2.6 pH (Derajat Keasaman)

pH merupakan faktor kritis untuk semua proses berbasis mikroba. Pada MFC, pH tidak hanya mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan bakteri, akan tetapi juga terhadap transfer proton, reaksi katoda sehingga mempengaruhi performa MFC. Sebagian besar MFC beroperasi pada pH mendekati netral untuk menjaga kondisi pertumbuhan optimal komunitas mikroba yang terlibat dalam pembentukan listrik (Liu: 2008).



## 2.7 Kerapatan daya (Power Density)

Energi yang dihasilkan dari MFC akan bergantung pada bakteri dan substrat yang digunakan pada MFC pada proses elektrokimia. Perhitungan energi yang dihasilkan dari MFC merupakan keluaran dari daya yang dihasilkan dengan lamanya proses yang terjadi pada MFC dengan rumus berikut:

$$E = P \times t \quad (2.4)$$

Dengan :

P = Daya yang dihasilkan (watt)

t = Waktu (s)

Daya merupakan hasil perhitungan antara tegangan dan arus yang dihasilkan

$$P = V \times I \quad (2.5)$$

Dengan:

V = Tegangan (mV)

I = Arus (mA)

Sedangkan untuk rapat daya (power densiy) merupakan perbandingan antara energi yang dihasilkan dengan luas area penampang elektroda yang digunakan

$$Pd = \frac{P}{A} \quad (2.6)$$

Keterangan :

Pd = Kerapatan Daya (Watt/ m<sup>2</sup>)

P = Daya yang dihasilkan (Watt)

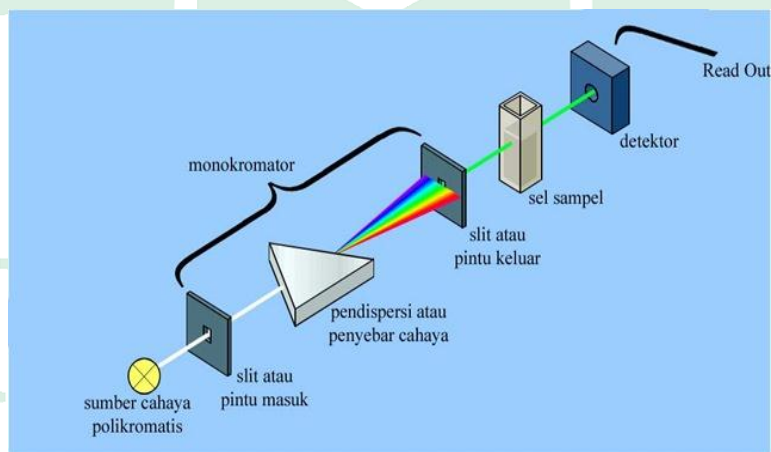
A = Luas area elektroda (m<sup>2</sup>)

(Rubensio,dkk, 2019).

## 2.8 Spektrofotometri Uv-Vis

Spektrofotometer terdiri atas spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditranmisikan atau yang diabsorpsi. Untuk mengukur perbedaan sel, panjang gelombang, serta kurva tumbu mikroba dengan menggunakan blanko pada sel pengabsorpsi (Ghokan: 2002).

Spektroskopi UV-Vis dalam proses absorpsi menggunakan radiasi elektromagnetik dari kisaran 200-800 nm dan eksitasi elektron ke tingkat energi lebih tinggi. Absorpsi cahaya ultraviolet/tampak oleh molekul organik terbatas hanya untuk beberapa gugus fungsi (kromofor) yang mengandung elektron valensi dari energi 29 eksitasi yang rendah. Spektrum UV-Vis merupakan spektrum yang kompleks dan nampak seperti pita absorpsi berlanjut, hal ini dikarenakan gangguan yang besar dari transisi rotasi dan vibrasi pada transisi elektronik memberikan kombinasi garis yang tumpang tindih (overlapping) (Hunger and Weitkamp, 2001).



**Gambar. 8 Skema kerja spektrofotometri UV-Vis**

Sumber Vyna: 2018

## 2.9 Ayat-Ayat Integrasi Pada Tumbuh-Tumbuhan

Ayat swt menciptakan berbagai macam tumbuhan, sebagaimana firmankan Allah dalam surah Asy Syu'araa ayat 7 (Kementerian Agama R.I,2004:367)

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (٧) إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً وَمَا كَانَ أَكْثَرُهُمْ مُؤْمِنِينَ (٨)

TerjemahNya:

*Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik? Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat suatu tanda kekuasaan Allah. Dan kebanyakan mereka tidak beriman.*

(QS. Asy Syu'ara'7-8)

Tafsir Al-Misbah oleh M.Quraish Shihab menafsirkan ayat di atas sebagai beriku (Shihab,2002: 188)

Apakah mereka idak melihat kebumi, merupakan kata yang mengandung makna batas akhir. Dia berfungsi memperluas arah pandangan hingga batas akhir, dengan demikian ayat ini mengundang manusia untuk mengarahkan pandangan hingga batas kemampuannya sampai mencakup seluruh bumi, dengan aneka tanah dan tumbuhannya aneka keajaiban yang terhampar pada tumbuh-tumbuhannya.

Kata زَوْج berarti pasangan, pasangan yang dimaksud ini adalah pasangan tumbuh-tumbuhan, karena mereka muncul dicelah-celah tanah yang terkampar di bumi, dengan demikian ayat ini mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan pun memiliki pasangan-pasangan guna dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Ada tumbuhan yang memiliki benang sari dan putik sehingga menyatu dalam diri pasangannya dan dalam penyerbukannya ia tidak membutuhkan pasangannya.

Yang Jelas setiap tumbuhan memiliki pasangan dan itu dapat terlihat kapan saja bagi siapa yang ingin menggunakan matanya. Karena itu ayat di atas memulai dengan pertanyaan apakah mereka tidak melihat, pertanyaan yang mengandung unsure kebenaran bagi mereka yang tidak mengfungsikan matanya untuk melihat bukti yang sangat jelas itu.

Kata **كريم** antara lain digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap objek yang disifatinya. Tumbuhan yang baik, paling tidak adalah subur dan bermanfaat (Shihab, 2002: 188). Dan telah oleh ayat sebelumnya dalam al-Qur'an surah Asy Syu'araa ayat 6 (Kementerian Agama R.I, 2004: 36).

لْنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا (١٥) وَجَنَّاتٍ أَلْفَافًا (١٦)

Terjemahannya:

*Untuk kami tumbuhkan dengan air itu biji-bijian dan tanam-tanaman, dan kebun-kebun yang rindang (QS.An Naba 78:15-16).*

Artinya agar dengan air yang banyak lagi baik dan bermanfaat serta penuh berkah itu kami keluarkan (**حَبًّا**) “Biji-bijian.” Yang sengaja disimpan bagi umma manusia dan binatang ternak, (**وَنَبَاتًا**) “Dan tumbuh-tumbuhan,” yang hijau, yang bisa dimakan ketika masih basah, (**وَجَنَّاتٍ**) “serta kebun-kebun,” yakni taman dan kebun buah-buahan yang beraneka ragam dan dengan aneka warna serta rasa dan aroma yang berbeda-beda, meski hal itu berada dan berkumpul di satu tempat. Oleh karena itu Allah Ta'ala berfirman: (**وَجَنَّاتٍ أَلْفَافًا**) “Dan kebun-kebun yang lebat” Ibnu Abbas dan juga lainnya mengatakan berari berkumpul. (Tafsir Ibnu Katsir, 2008: 230).

Kedua surah di atas telah membahas bagaimana tumbuhan itu ditumbuhkan, salah satu tanda kebesaran Allah swt. Terutama surah pertama menyebutkan tentang Tumbuhan yang baik, adalah tumbuhan yang subur dan bermanfaat dalam tafsir (Shihab, 2002: 188). Sagu merupakan salah satu komoditi bahan yang banyak mengandung karbohidrat, sehingga sagu merupakan bahan makanan pokok untuk beberapa daerah di Indonesia seperti Maluku, Irian Jaya dan sebagian Sulawesi. Kulit dan batang sagu mengandung selulosa (56,86%) dan lignin (37,70%) pada kayu 39% selulosa, pati 24%, Gula pentose 20.6%, residu lignin 20.6%, dan ekstraktif 10% daripada ampas sagu serta kulit batang sagu mengandung selulosa dan lignin besar dibanding kayu. sagu juga merupakan tumbuhan yang subur dan bermanfaat, sagu memiliki kandungan pati yang sangat tinggi, sehingga baik untuk dikonsumsi masyarakat sebagai pengganti beras, karena memiliki kandungan karbohidrat lebih tinggi dari beras itu sendiri. Selain itu Sagu juga memiliki kandungan glukosa dan selulosa yang cukup tinggi, sehingga dapat dijadikan sebagai nutrisi bagi mikroorganisme pada sistem Microbial Fuel Cell dalam menghasilkan energi listrik alternatif. Dan pada ayat ke dua menjelaskan tumbuhan yang rindang, sagu merupakan tanaman yang memiliki pohon yang lumayan besar dan rindang. Sangat jelas bahwa ke dua ayat di atas memiliki kaitan dengan penelitian yang dilakukan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Waktu dan tempat penelitian adalah sebagai berikut :

Waktu : Bulan November 2019 – Mei 2020

Tempat :

Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UINAM (preparasi kultur mikroorganisme dan perhitungan *Optical Density*)

Laboratorium Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UINAM (Pembuatan Larutan Elektrolit, Pengenceran HCL dan NaOH)

Laboratorium Optik Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UINAM (preparasi komponen MFC, pengukuran arus dan tegangan)

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

1. Reaktor MFC 100 mL
2. Neraca digital
3. Multimeter digital
4. Penjepit buaya
5. Kabel penghubung
6. Elektroda Grafit
7. Pipet ukur

8. Gelas ukur 100 mL
9. Inkubator
10. *Autoklav*
11. Cawan Petri
12. Stopwatch
13. Thermometer
14. Erlenmeyer
15. Magnetik Stirer
16. Bulb
17. Corong
18. *Kawat Ose*
19. Labu Takar 1000 ml
20. PH-meter
21. Hotplat

### **3.2.1 Bahan Penelitian**

1. Substrat batang sagu
2. Bakteri *Lactobacillus Plantarum*
3. media MRS (den Man Ragosa and Sharpe)
4. Agar *Swallow*
5. Aquades ( $H_2O$ )
6. Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M
7. Asam Klorida (HCl) 1 M
8. Garam KCl 1 M
9. Kawat Tembaga



10. Padatan Kalium Permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ) 0,2 M

11. larutan buffer

12. NaCl 0,1 M

13.  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0,2 M

### 3.3 Prosedur Kerja

#### 3.3.1 Preparasi Substrat Batang Sagu

- Memarut batang sagu dengan menggunakan setrika kayu
- Membersihkan dengan aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Menghaluskan dengan blender lalu menambahkan aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sebanyak 100 ml
- Memindahkan ke dalam wadah, diamkan dan tunggu hingga siap untuk digunakan.

#### 3.3.2 Preparasi Mikroorganisme (*L. Plantarum*) :

- Menyiapkan isolat *L. Plantarum*
- Menginokulasikan 1 mL bibit *L. Plantarum* ke dalam 100 ml media MRS *broth*
- Menginkubasi dengan selama 24 jam dengan temperatur 37 °C

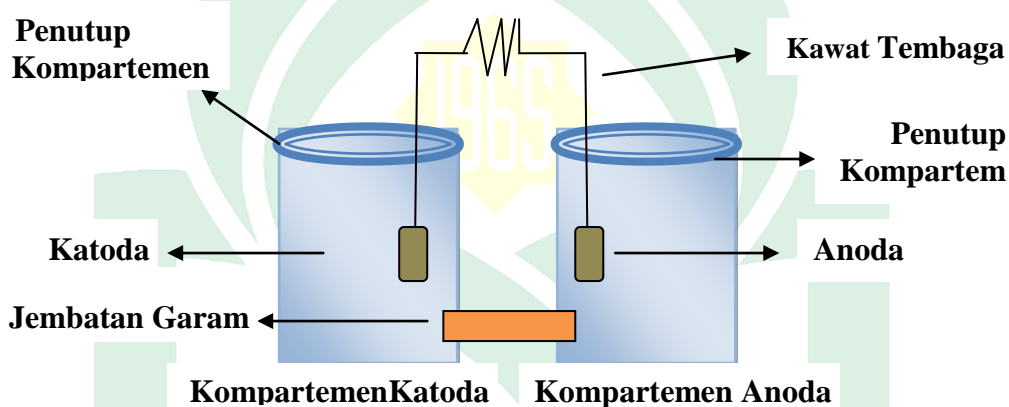
#### 3.3.3 Preparasi Elektroda Grafit

- Merendam elektroda grafit (karbon aktif) ke dalam larutan HCl konsentrasi 1 M selama 1 x 24 jam.
- Membilas dengan menggunakan aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
- Merendam elektroda ke dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 1 M selama 1 x 24 jam.

- d. Membilas kembali dengan menggunakan aquades ( $H_2O$ ).
- e. Merendam kembali elektroda dalam larutan aquades ( $H_2O$ ), hingga saat akan digunakan

### 3.3.4 Preparasi Reaktor MFC

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan
- b. Membuat reaktor seperti pada desain reaktor MFC berikut :



Gambar 3.1 Desain reactor MFC

### 3.3.5 Preparasi *Salt Bridge* (jembatan garam)

- a. Malarutkan 5 gram (%) agar *swallow* ke dalam 100 ml aquades kemudian panaskan.
- b. Menambahkan 3 gr KCl 1 M ke dalam larutan agar kemudian homogenkan dengan hotplat.
- c. Masukkan ke dalam pipa pvc kemudian dinginkan hingga digunakan (Fitriani, dkk, 2017).

### 3.3.6 Eksperimen MFC

#### a. Pengukuran Optical Density (OD)

##### 1. Pembuatan media inokulum

Menimbang 2,6125 gram MRS Broth, kemudian larutkan dalam aquades, sterilisasi dengan autoklav selama 15 menit dengan temperatur 121°C kemudian mengambil isolate bakteri dengan menggunakan kawat oce, selanjutnya memindahkan bakteri ke media inokulum terakhir menginkubasi media inokulum pada shaker incubator dengan kecepatan 125 rpm dengan temperature 37°C selama 24 jam.

## 2. Optical Density

Menimbang 7,8375 gram MRS Broth, kemudian melarutkan dengan aquades 150 ml (media pertumbuhan). Melakukan sterilisasi dengan autoklav selama 15 menit dengan temperature 121°C, memasukkan 15 ml inokulum ke dalam media pertumbuhan dan homogenkan dengan vortex selanjutnya memipet 3 ml kemudian masukkan ke dalam kuvet untuk diamati ODnya, setelah itu masukkan ke dalam shaker incubator dan terakhir memipet media sebanyak 3 ml setiap interval 4 jam selama 36 jam.

### a. Tanpa Penambahan Larutan Elektrolit dan Buffer

Menyiapkan reaktor MFC, kemudian membuka penutup kompartemen anoda dan masukkan *substrat* sebanyak 100 mL kedalam kompartemen anoda. Selanjutnya, masukkan 20 mL bakteri *L. plantarum* untuk mendegradasi kandungan selulosa dalam *substrat sagu*. Dalam kompartemen katoda tambahkan aquades 100 mL. Sambungkan dengan amperemeter dan voltmeter dengan menggunakan penjepit buaya dan kabel penghubung. Selanjutnya, mengukur kuat arus dan tegangan setiap 4 jam selama 36 jam.

Tabel 3.1 : Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Tanpa Penambahan

Larutan Elektrolit dan Buffer

Luas Permukaan Elektron(m <sup>2</sup> )	Derajat Keasaman(pH)		Suhu		Waktu (jam)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
	Awal	Akhir	Awal	akhir			

**b. Pengaruh Penambahan Kalium Permanganate (KMnO<sub>4</sub>) 0,2M dengan Larutan Buffer Kalium Fosfat (K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) pH7**

Menyiapkan reaktor MFC, kemudian membuka penutup kompartemen anoda dan masukkan *substrat sagu* sebanyak 100 mL, 10 mL larutan buffer Kalium Fosfat pH7 dan 20 ml bakteri *L. plantarum* lalu menutup penutup kompartemen anoda. Dalam kompartemen katoda ditambahkan 100 ml KMnO<sub>4</sub>0,2 M dan 10 mL larutan buffer Kalium Fosfat pH7. Sambungkan dengan amperemeter dan voltmeter dengan menggunakan penjepit buaya dan kabel penghubung. Selanjutnya, mengukur kuat arus dan tegangan setiap 4 jam selama 36 jam.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
ALAUDDIN  
MAKASSAR

Tabel 3.2 : Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Dengan Penambahan  
Larutan Elektrolit ( $\text{KMnO}_4$ ) dan Buffer ( $\text{K}_2\text{PO}_4$ )

Luas Permukaan Elektron ( $\text{m}^2$ )	Derajat Keasaman (pH)		Suhu		Waktu (jam)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			

**c. Pengaruh Penambahan Kalium Ferisianida ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) 0,2 M dengan  
Larutan Buffer Natrium Fosfat ( $\text{Na}_2\text{PO}_4$ ) pH 7**

Menyiapkan reaktor MFC, kemudian membuka penutup kompartemen anoda dan masukkan *substrat sagu* sebanyak 100 ml, 10 ml larutan buffer Natrium Fosfat pH7 dan 20 ml bakteri *L.plantarum* lalu menutup penutup kompartemen anoda. Dalam kompartemen katoda ditambahkan 100 ml ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) 0,2 M dan 10 ml larutan buffer Natrium Fosfat pH7. Sambungkan dengan amperemeter dan voltmeter dengan menggunakan penjepit buaya dan kabel penghubung. Selanjutnya, mengukur kuat arus dan tegangan setiap 4 jam selama 36 jam.

Tabel 3.2 : Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Dengan Penambahan Larutan Elektrolit ( $K_3Fe(CN)_6$ ) dan Buffer( $Na_2PO_4$ )

Luas Permukaan Elektron( $m^2$ )	Derajat Keasaman(pH)		Suhu		Waktu (jam)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
	Awal	Akhir	Awal	Akhir			

**d. Perhitungan Power Density ( $mV/m^2$ )**

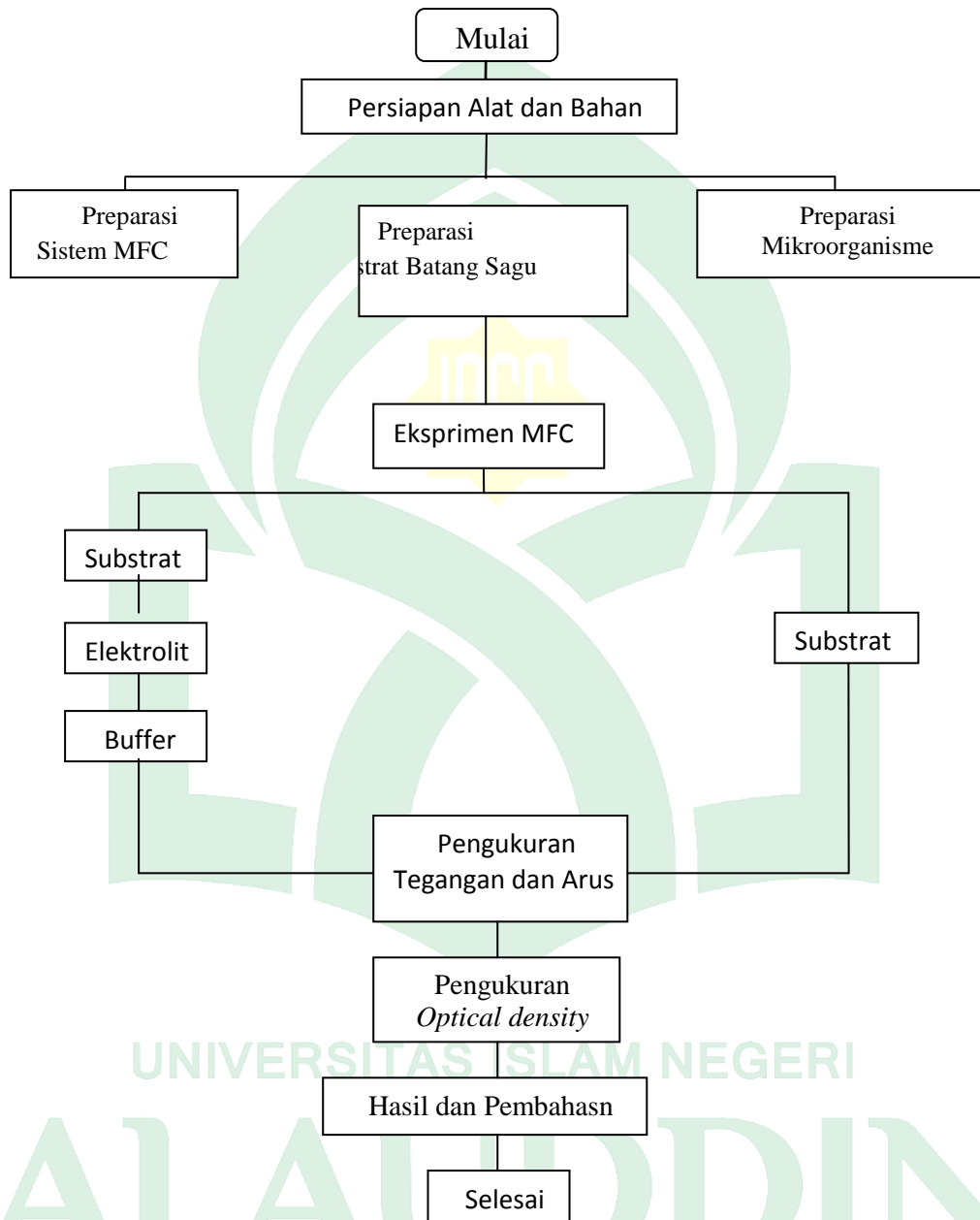
Data berupa kuat arus dan tegangan dari hasil percobaan akan diolah menjadi nilai power density ( $mV/m^2$ ).

Tabel 3.3 : Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan

Variasi Larutan dan Bahan Buffer	Kerapatan Daya ( $mW/m^2$ )

Untuk menghitung power density dapat digunakan persamaan (2.6)

### 3.3.7 Diagram Alir





## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil dan Pembahasan

*Microbial Fuel Cell* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu terdiri dari ruang yaitu anoda dan katoda dengan model terpisah, dimana masing-masing ruang memiliki elektroda grafit yang diambil dari baterai yang sudah terpakai. Ruang anoda dan katoda ini terpisah dengan menggunakan jembatan garam KCl. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada substrat batang sagu serta untuk mengetahui pengaruh variasi larutan elektrolit yaitu  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  konsentrasi 0,2 M pada ruang katoda dan digunakan juga variasi larutan buffer untuk menjaga kondisi pH lingkungan *Lactobacillus Plantarum* pada substrat batang sagu.

Pada proses preparasi mikroorganisme dilakukan dengan menginokulasikan isolat *Lactobacillus plantarum* ke dalam media *nutrient broth*. *nutrient broth* berfungsi sebagai lingkungan tumbuh mikroba *Lactobacillus plantarum*, karena pada lingkungan tersebut mengandung nutrisi sehingga mikroba dapat tumbuh, kemudian *Lactobacillus plantarum* diinokulasikan pada substrat batang sagu pada ruang anoda selama 24 jam, hal ini bertujuan agar mikroba dapat beradaptasi terhadap lingkungan barunya. Selama 24 jam bakteri akan melakukan metabolisme menghasilkan energi berupa  $\text{CO}_2$ , proton ( $\text{H}^+$ ) dan elektron pada ruang anoda. Elektron yang dihasilkan dari metabolisme mikroba akan ditransfer ke elektroda melalui membran plasma luar mikroba yang disebut dengan sitokrom, elektron dari anoda ditransfer ke katoda melalui sirkuit eksternal, sedangkan proton yang dihasilkan dari metabolisme akan ditransfer dari anoda ke katoda melalui jembatan garam. Jembatan garam yang digunakan adalah jembatan garam KCl sehingga proton ( $\text{H}^+$ ) akan dapat terdifusi karena jari-jari  $\text{K}^+$  lebih besar daripada jari-jari  $\text{H}^+$ . Proton dan elektron pada anoda akan digunakan

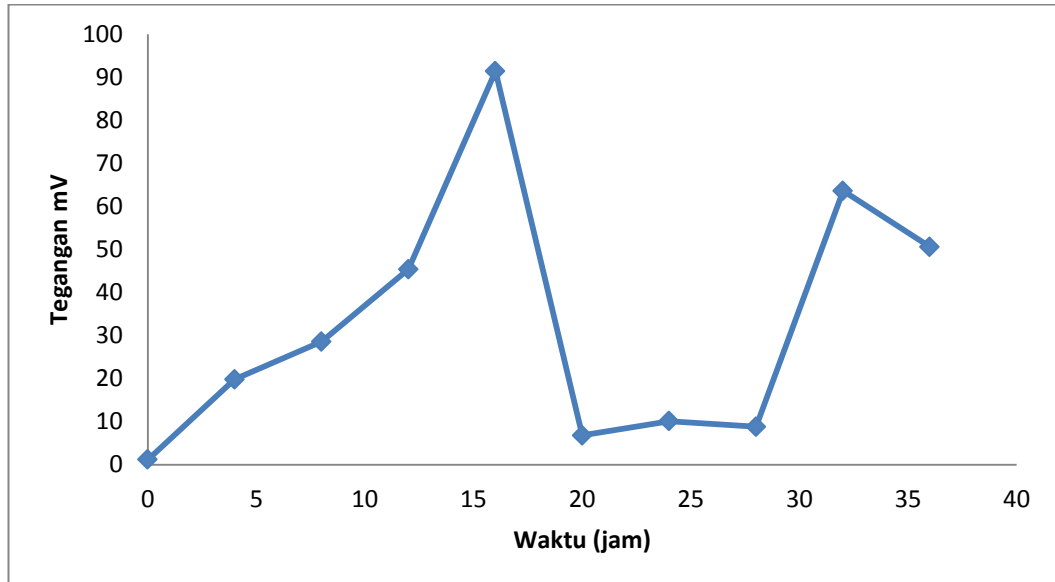
untuk mereduksi  $\text{Mn}^{7+}$  menjadi  $\text{Mn}^{4+}$  apabila menggunakan larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  atau untuk mereduksi  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  apabila menggunakan larutan elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  (Muftiana, dkk,2018).

### 1. Potensi Energi Listrik Substrat batang sagu Tanpa penambahan larutan elektrolit

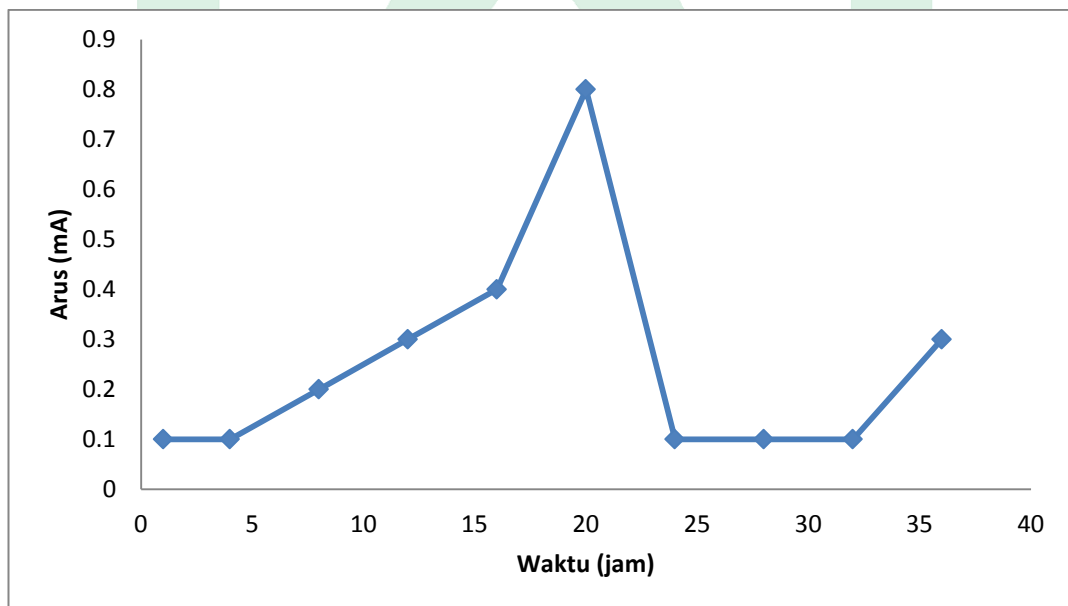
Tabel 4.1 Pengukuran Arus dan Tegangan Tanpa penambahan larutan elektrolit

Luas Permukaan Elektron(m <sup>2</sup> )	Derajat		Suhu		Waktu (jam)	Tegangan (mV)	Arus (mA)
	Keasaman(pH)						
	Awal	Akhir	awal	Akhir			
1.46x10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup>	3.94	4.27	27°	26°	0	1.2	0.1
					4	19.8	0.1
					8	28.6	0.2
					12	45.4	0.3
					16	91.4	0.4
					20	6.8	0.8
					24	10.1	0.1
					28	8.8	0.1
					32	63.6	0.1
					36	50.6	0.3

Hasil dari pengukuran tegangan listrik dapat dilihat pada grafik berikut.



**Gambar 11. Grafik Hubungan antara waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Tegangan Tanpa Penambahan Elektrolit**



**Gambar 12. Grafik Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Arus Tanpa Penambahan Elektrolit**

Pada grafik di atas merupakan hasil pengukuran selama proses MFC, dimana pada grafik gambar 1 menunjukkan hasil perubahan tegangan listrik

selama 36 jam. Pada pengukuran jam ke 0 tegangan yang diperoleh cukup tinggi yaitu 1,2 mV hal ini dikarenakan bakteri telah beradaptasi pada media substrat batang sagu selama 24 jam atau disebut fase lag. Tegangan naik pesat pada saat pengukuran jam ke 4,8,12 dan 16 perubahan ini dikarenakan bakteri masuk pada fase eksponensial (fase pembelahan) Fase ini, sel melakukan metabolisme secara aktif yang disertai oleh pembelahan dan sintesis bahan sel yang berlangsung cepat bertambahnya jumlah sel bakteri ini memungkinkan semakin banyaknya proton dan electron yang dapat dihasilkan dari proses metabolisme sehingga produksi listrik semakin besar, dapat dilihat pada gambar grafik 1. Kemudian mengalami penurunan pada pengukuran jam ke 20, 24 dan 28 kemudian mengalami kenaikan kembali ini menandakan bakteri masuk pada tahap stasioner. Hal ini sesuai dengan kesimpulan Lisa Utami,dkk bahwa potensial dan kuat arus berbanding lurus dengan konsentrasi substrat yang tersedia untuk dioksidasi. Tegangan maksimum diperoleh pada jam ke 16 yaitu 91,04 mV dalam 100 mL sistem. Tegangan maksimum pada penelitian ini lebih tinggi daripada penelitian yang dilakukan oleh Devita sari, dkk, yang memperoleh tegangan maksimum sebesar 42,2 mV menggunakan substrat whey tahu. Dan pada grafik gambar 2 menunjukkan perubahan arus selama 36 jam.

Pada grafik gambar 12 dapat dilihat pada pengukuran pertama besar arus diperoleh 0.1 mA hasil pengukuran arus pada pengukuran jam ke 4 cenderung konstan dan mengalami kenaikan drastis pada pengukuran jam ke 8 hingga mencapai titik maksimum pada jam ke 20 yaitu 0,8 mA, dan mengalami penurunan drastis pada jam ke 24, 28 dan 32 dan cenderung konstan dan kembali naik pada jam terakhir sebesar 0.3 mA. Hal ini disebabkan sebagaimana pada diketahui bakteri memiliki fase hidup yaitu fase lag, eksponensial, stasioner dan kematian. Sebagaimana dijelaskan pada penjelasan grafik gambar 11.

## 2. Hasil pengukuran energi listrik dengan Penambahan Larutan Elektroli dan Buffer pH 7

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Penambahan Larutan Elektrolit  
KMnO<sub>4</sub> 0.2 M dan Buffer K<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> pH 7

Luas	Derajat		Suhu		Waktu	Tegangan	Arus
Permukaan	Keasaman(pH)				(jam)	(mV)	(mA)
Elektron(m <sup>2</sup> )	Awal	Akhir	Awal	Akhir			
1.46x10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup>	4.02	4.32	27°	26°	0	5.2	0.1
					4	15	0.1
					8	23.9	0.3
					12	102.3	0.2
					16	24.7	1.3
					20	12.5	0.1
					24	40.3	0.1
					28	10.1	0.1
					32	53.6	0.4
					36	40.7	0.7

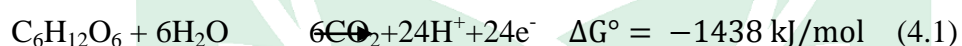
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Arus dan Tegangan Penambahan Larutan  $K_3Fe(CN)_6$   
0.2 M dan Buffer  $Na_2PO_4$  pH 7

Luas	Derajat		Suhu		Waktu	Tegangan	Arus
Permukaan	Keasaman(pH)				(jam)	(mV)	(mA)
Elektron(m <sup>2</sup> )	Awal	Akhir	awal	akhir			
1.46x10 <sup>-3</sup> m <sup>2</sup>	4.80	4,86	26 <sup>o</sup>	26 <sup>o</sup>	1	0	0
					4	0.7	0.1
					8	1	0.1
					12	22.2	0.1
					16	3.8	0.1
					20	10.3	0.5
					24	1.5	0.2
					28	49.8	0.8
					32	8.8	0.1
					36	49.1	0.1

Tahap kedua yaitu pengukuran dengan penambahan larutan elektrolit dan buffer pH 7 . Penggunaan larutan elektrolit merupakan salah satu akseptor electron di katoda yang dapat mempengaruhi kinerja MFC dalam menghasilkan listrik. Untuk itu pada penelitian ini digunakan larutan elektrolit  $KMnO_4$  dan Kalium Posfat pH 7 dan  $K_3Fe(CN)_6$  dan Natrium Posfat pH 7 pada konsentrasi larutan yang sama 0,2 M, dengan tujuan mengetahui pengaruh variasi larutan elektrolit dalam produksi listrik.

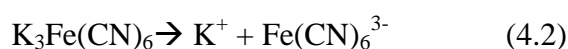
Kompartemen anoda berisikan bakteri dan substrat yang digunakan. Substrat yang digunakan adalah batang sagu. Batang sagu yang memiliki kandungan pati, glukosa dan selulosa, sehingga dapat digunakan sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. Bakteri pada anoda akan memetabolisme selulosa untuk

menghasilkan ATP. Elektron yang dihasilkan akan diberikan  $\text{NAD}^+$  kemudian direduksi menjadi NADH, sebagai koezim yang akan membawa electron pada proses meabolisme pada tingka sel. Pda rantai transfer electron yang terjadi pada memberan plasma bakteri, NADH akan teroksidasi membentuk  $\text{NAD}^+$ . Sebagai pasangan redoks. Kemudian memberikan elektronnya pada akseptor electron yang memiliki potensi redoks lebih rendah. Dalam respirasi aerob, oksigen berperan sebagai akseptor elecron yang akan bereaksi dengan ion  $\text{H}^+$  membentuk air danmelepaskan energi bebas yang akan digunakan dalam fosforilasi oksidatif unuk mensintesis ATP dari ADP fosfat organik. Beriku persamaan yang terjadi pada kompartemen anoda dalam sistem MFC (Barua: 2010)



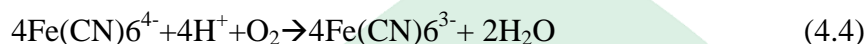
Reaksi pada persamaan (4.1) menunjukkan terdapat perubahan energi bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) yang bernilai negatif. Secara termodinamika, nilai  $\Delta G$  menunjukkan tingkat kemudahan akan terjadinya reaksi kimia. Bahwa  $\Delta G$  yang bernilai negative ( $\Delta G < 0$ ) semakin memudahkan dalam proses metabolisme dan dapat pula berlangsung secara spontan dalam menghasilkan listrik (Cheng, 2009 dalam Deni Novitasi:2011).

Pada Kompartemen katoda, diberi larutan elektrolit yang bersifat konduktif. Kalium Fenisida  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  dan  $\text{KMnO}_4$  dikenal sangat baik sebagai akseptor pada sistem MFC.  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  merupakan spesies elektroaktif yang berfungsi sebagai akseptor electron yang bersal dari ruang anoda, Kemudian di dalam larutan alium ferosianida akan mengalami ionisasi menjadi ion  $\text{K}^+$  dan  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  dengan harga potensial reduksi standar sebesar +0,36 V. Berikut reaksi kimia yang terjadi pada ruang katoda dalam sistem MFC (Logan: 2006).

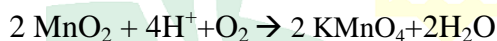
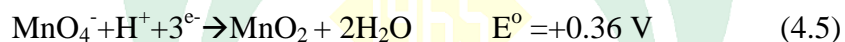




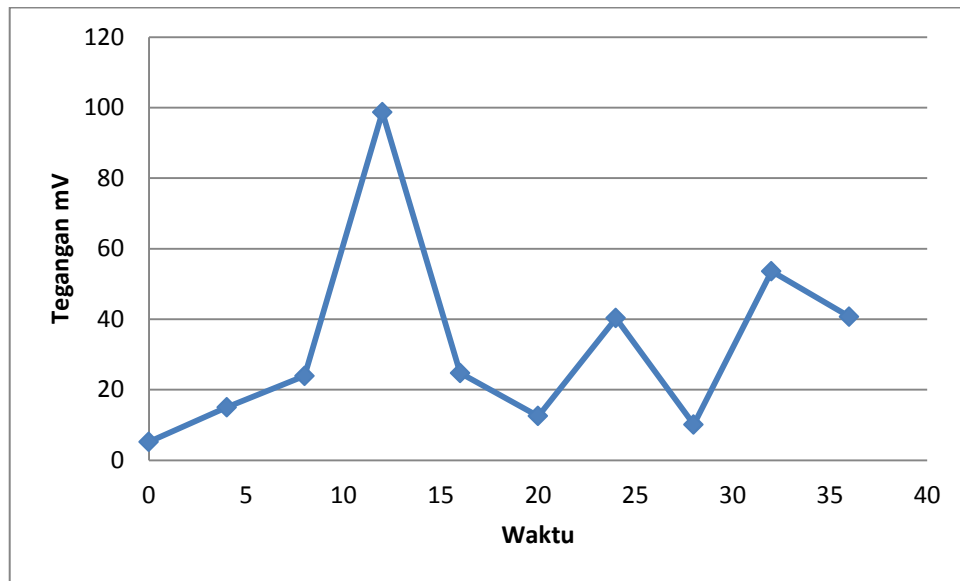
Selanjutnya mereduksi  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  dengan bantuan electron yang berasal dari anoda. Kemudian  $\text{Fe}^{2+}$  kembali teroksidasi oleh proton  $\text{H}^+$  di ruang katoda dengan bantuan oksigen. Proses tersebut sebagaimana reaksi berikut.



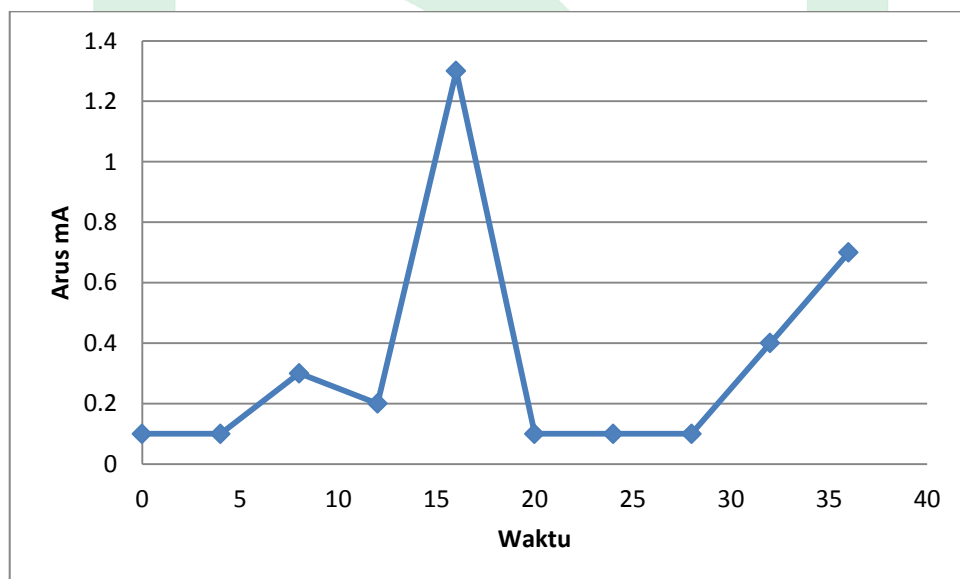
Sedangkan  $\text{KMnO}_4$  merupakan suatu oksidator kuat yang memiliki potensial reduksi standar yang cukup tinggi yaitu +1,70 V khususnya dalam kondisi asam. Proses reaksi sebagaimana persamaan berikut.



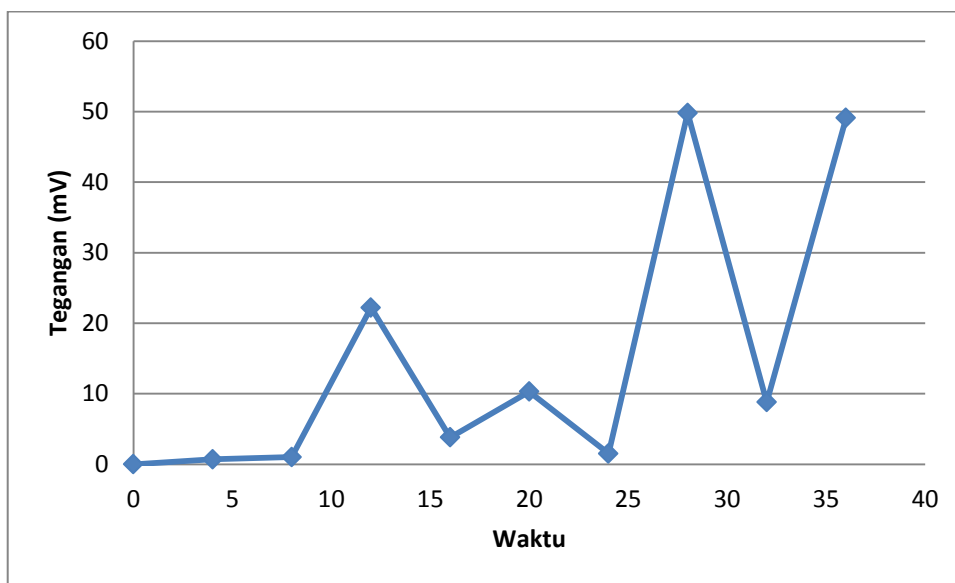
Proton dan electron yang berasal dari anoda digunakan untuk mereduksi  $\text{Mn}^{7+}$  dan  $\text{Mn}^{4+}$ . Pertemuan proton dan elektron inilah yang menyebabkan perbedaan potensial antara ujung-ujung elektroda di katoda dan anoda. Energi listrik yang dihasilkan oleh sistem MFC ini sebanding dengan metabolisme bakteri, sedangkan efisiensi transfer elektron dari bakteri ke elektroda sebanding dengan jumlah sel bakteri yang melakukan kontak dengan bakteri (Lee : 2010). Proses reduksi terjadi seperti reaksi persamaan di atas. Hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik berikut.



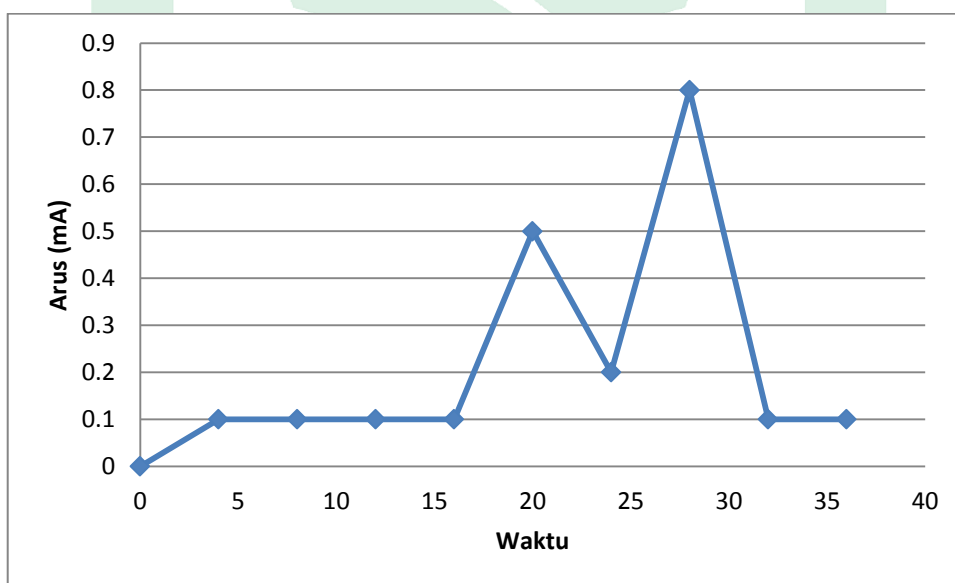
Gambar 13. Grafik Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Tegangan Pada Penambahan Kalium Permanganat



Gambar 14. Grafik Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Arus Pada Penambahan Kalium Permanganat



**Gambar 15. Grafik Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Tegangan Pada Penambahan Kalium Ferosianida**



**Gambar 16. Gambar Hubungan antara Waktu Operasi Microbial Fuel Cell terhadap Arus Pada Penambahan Kalium Ferosianida**

Pada grafik di atas dapat dilihat hasil pengukuran dengan variasi larutan elektrolit pada larutan kalium permanganate pada grafik gambar13 dan 14 menghasilkan kuat arus dan tegangan maksimum sebesar 1.3 mA dan 102.3 mV nilai ini lebih tinggi dibandingkan hasil dari kalium ferosianida yaitu 0.8 mA dan 49.8 mV pada grafik 5 dan 6. Arus dan tegangan maksimum pada kalium

permanganate diperoleh pada jam ke 12 untuk tegangan dan jam ke 16 untuk arus sedangkan pada kalium ferisianida sangat lambat mencapai hasil arus dan tegangan maksimum pada tegangan terjadi pada jam ke-28 bersamaan dengan kuat arus. Keadaan kuat arus pada penelitian ini cenderung konstan dengankenaikan dan penurunan yang tidak terlalu signifikan. Grafik yang tidak beraturan menandakan tidak konsistennya ion-ion yang mengalir pada jembatan garam sehingga menyebabkan tidak sempurnanya transfer ion-ion yang menghasilkan listrik.

Berdasarkan hasil penelitian dengan variasi larutan elektrolit menggunakan substrat batang sagu (*Metroxylon*) dapat diketahui bahwa perbedaan jenis larutan elektrolit yang digunakan dalam sistem MFC memiliki pengaruh terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan. Hal ini terbukti kemampuan larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan tegangan maksimum sebesar 102.3 mV dan arus maksimum 1.3 mA dan larutan elektrolit  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  menghasilkan tegangan maksimum 49.8 mV dan arus maksimum 0.8 mA. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan  $\text{KMnO}_4$  menghasilkan energi listrik lebih besar dibandingkan dengan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ , hal ini dikarenakan harga potensial redoks standar pada kalium permanganate lebih tinggi dibandingkan kalium ferisianida yaitu 1.70V dan 0.36V. Hal tersebut sebagaimana di gambarkan pada persamaan reaksi 4.4 dan 4.5. Sehingga hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk menyalakan LED dengan watt rendah dapat digunakan pada mata kuliah eksperimen.

Konsentrasi yang digunakan juga berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan dan arus yang dihasilkan sebagaimana persamaan Nerst, potensial yang ada pada kompartemen katoda dipengaruhi oleh konsentrasi yang digunakan. Sebagaimana pada penelitian ini digunakan konsentrasi 0.2 M dapatkan menghasilkan tegangan yang tinggi. Di bandingkan dengan hasil penelitian ini

hasilnya lebih tinggi dari pada penelitian yang telah dilakukan oleh Ilmi Muftiana,dkk dengan hasil tegangan maksimum 102.3 mV  $\text{KMnO}_4$  dan 48.6 mV  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ .

Menurut (Trinh, 2009 dalam Deni novitasi, 2011) Penurunan kuat arus ini disebabkan oleh kehadiran hydrogen hasil metabolisme di anoda, menyebabkan semakin lama konsentrasi hydrogen ini akan meningkat dan menutupi seluruh permukaan elektroda di anoda sehingga proses transfer electron dari bakteri ke elektroda menjadi terhalang. Sedangkan penurunan tegangan disebabkan oleh terbentuknya biofilm pada jembatan garam sehingga aktivitas bakteri di anoda terhambat. Biofilm tersebut memberikan dampak buruk terhadap proses perpindahan massa yang terjadi pada membrane serta dapat menghalangi perpindahan proton dari anoda ke katoda. Proton yang tertahan akan menimbulkan perubahan pH di anoda dan mengganggu kehidupan bakteri. Lapisan ini juga mengakibatkan kekurangan proton pada ruang katoda sehingga tegangan yang dihasilkan kecil. Penurunan tegangan juga diakibatkan oleh menurunnya aktivitas kalium permanganat dan kalium ferisianida sebagai akseptor electron di katoda. Hal tersebut terjadi sesuai dengan persamaan reaksi bahwa semakin lama digunakan konsentrasi dari kedua kalium tersebut semakin menurun akibat proses redoks yang tidak sempurna oleh oksigen. Sehingga menyebabkan menurunnya energi listrik pada sistem MFC.

## b. Power Density

Tabel 4.4. Besar Power density Hasil Pengukuran Sistem MFC

Variasi Larutan dan Bahan Buffer	Kerapatan Daya ( $\text{mW}/\text{m}^2$ )
Tanpa Penambahan	50.082
$\text{KMnO}_4$ dan Buffer Kalium Posfat	91.089
$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ dan Natrium Posfat	27.287

Berdasarkan hasil pengukuran hingga mendapatkan nilai arus maksimum dan tegangan maksimum pada setiap reaktor dengan variasi larutan elektrolit dengan bahan buffer kalium fosfat dan natrium fosfat. Maka dapat dilakukan perhitungan *power density* yang di hasilkan sistem MFC tersebut. *power density* adalah daya listrik yang dihasilkan per luas permukaan elektroda. Dari hasil perhitungan berdasarkan variasi larutan elektrolit dan buffer nilai *power density* yaitu pada substrat batang sagu tanpa larutan elektrolit di peroleh nilai *power density* sebesar  $50.082 \text{ mW}/\text{m}^2$  pada penambahan larutan kalium permanganate yaitu sebesar  $91.089 \text{ mW}/\text{m}^2$  dan nilai *power density* terendah yaitu pada penambahan larutan kalium ferosianida hasilnya yaitu sebesar  $27.287 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Kecilnya nilai *power density* yang dihasilkan pada penambahan larutan kalium ferosianida, menurut (Lisa Utami,dkk.2018) hal ini disebabkan pada proses awal, energi yang dihasilkan dari metabolisme bahan organik sebagian besar digunakan membentuk biofilm. Sel-sel eradsorpsi pada permukaan media, yang kemudian tumbuh dan berkembang menghasilkan extracellular *polymeric substances (EPS)* untuk membentuk biofilm. Elektroda grafit pada ruang anoda berperan menjadi media lekat pada mikroorganisme untuk membentuk biofilm. Sehingga selain bakteri hidup dan sel bakteri yang mati dapat membentuk lapisan pada permukaan anoda semakin bertambah. Apabila permukaan elektroda sudah dipenuhi oleh biofilm, jumlah electron yang ditransfer ke elektroda semakin sedikit sehingga terjadi penurunan arus dan tegangan listrik. Menurut (Rachmad Ramadhan,dkk.2017) *power density* yang dihasilkan secara rata-rata mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu operasi. Hal ini ini mengakibatkan

peningkatan hambatan dalam anoda sehingga menyebabkan penurunan *power density*.

Berdasarkan hal tersebut hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Lisa Utami,dkk (2018) yang menggunakan Substrat kulit pisang diperoleh nilai *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) sebesar  $31,9 \text{ mW}/\text{m}^2$  dan penelitian yang dilakukan oleh Mufid Ainun dan Linda (2018) memperoleh hasil *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) pada substrat frukosa sebesar  $10,26 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Dari hasil diperoleh dengan menggunakan substrat Batang sagu menghasilkan nilai *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) lebih tinggi dari kedua peneliti terdahulu. Hal ini dikarenakan penggunaan larutan elektrolit  $\text{KMnO}_4$  dan larutan buffer kalium fosfat sesuai dengan substrat dan bakteri yang digunakan dalam sistem MFC.

Dengan demikian, dari penjelasan di atas penambahan larutan elektrolit serta buffer berpengaruh pada nilai arus dan tegangan serta *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) yang dihasilkan oleh sistem MFC. Dari penelitian ini didapatkan penambahan sesuai antara larutan elektrolit dengan buffer. Dimana buffer memiliki peran sangat penting dalam menjaga kestabilan pH lingkungan bakteri sehingga dapat menghasilkan energi maksimum. Penambahan larutan  $\text{KMnO}_4$  dan kalium fosfat menghasilkan nilai arus maksimum, tegangan maksimum serta *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) yaitu  $1.3 \text{ mA}$ ,  $102.3 \text{ mV}$  dan  $91.089 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Pada penambahan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  dan natrium fosfat berturut-turut  $0.8 \text{ mA}$ ,  $49.8 \text{ mV}$  dan *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ )  $27.287 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Hal ini disebabkan harga potensial reduksi  $\text{KMnO}_4$  lebih tinggi yaitu  $1.70 \text{ V}$  dibandingkan dengan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  sebesar  $0.36 \text{ V}$ .

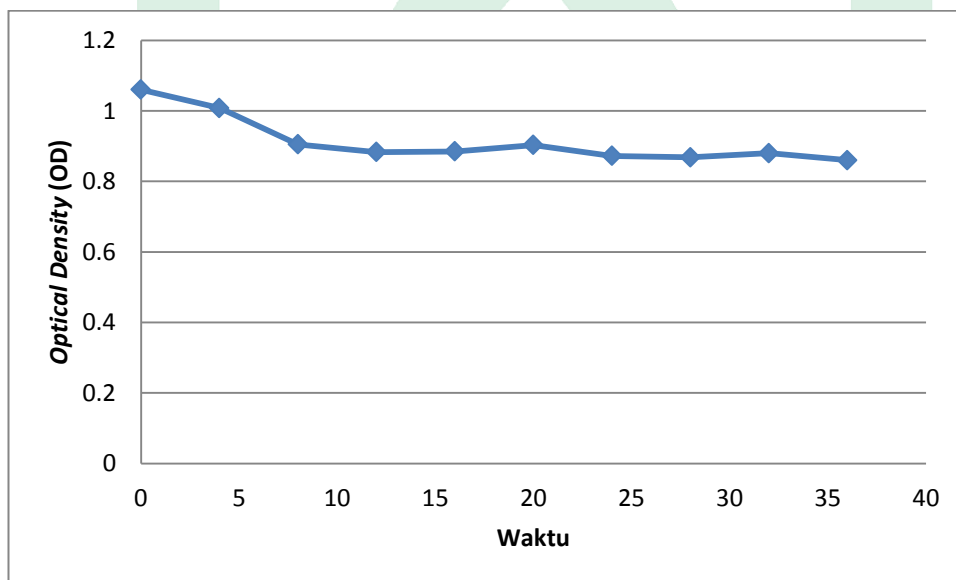
### **Hasil Pengukuran Optical Density (OD) *Lactobacillus Plantarum* Pada Media NB**

Seperti pada makhluk hidup pada umumnya bakteri juga memiliki pola pertumbuhan dan pola pertumbuhan tersebut dibutuhkan pada proses pendegradasian bahan organik. Terdapat empat fase pada pola pertumbuhan mikroorganisme yaitu fase lag adalah fase proses adaptasi bakteri dengan



lingkungan, fase eksponensial adalah fase bakteri mulai melakukan pembelahan dengan proses metabolisme sel secara aktif dan sintesis bahan sel sangat cepat, fase stationer adalah fase bakteri tidak melakukan pembelahan lagi sehingga menyebabkan jumlah sel hidup konstan seolah-olah tidak terjadi pertumbuhan, dan terakhir fase kematian adalah lanjutan dari fase stasioner dimana terjadi pengurangan jumlah sel bakteri sehingga tidak terjadi proses metabolisme secara aktif, sehingga banyaknya sel yang mati daripada yang sel yang hidup karena nutrisi habis.

Pada penelitian ini digunakan media *nutrient broth* sebagai media pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* dan dilakukan shaker selama 36 jam dan setiap 4 jam *Optical Density* (OD) diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 600nm. Hasil pengukuran *Optical Density* (OD) ditunjukkan pada grafik.



Gambar 17. Grafik Kurva tumbuh *Lactobacillus Plantarum* pada median NB

Pada gambar 17 menunjukkan fase lag terjadi pada jam ke-0 bersamaan dengan fase lag tampak pada grafik bahwa bakteri langsung melakukan pembelahan atau fase eksponensial, hal tersebut dikarenakan sebelum melakukan

pengukuran OD media yang telah di pindahkan pada media NB terlebih dahulu didiamkan selam 24 jam untuk melakukan proses adaptasi sehingga saat melakukan pengukuran tampak bakteri telah melakukan pembelahan mulai dari jam ke-0 sampai pada jam ke- 32 dan masuk fase stasioner pada jam ke 36 hingga fase kematian. Selain dari itu di dalam medium, bakteri tumbuh membentuk suspense yang dapat dilihat tingkat kekeruhannya (turbiditas) melalui spectrophotometer. Nilai OD dapat digunakan untuk mempresentasikan jumlah sel bakteri yang terdapat pada ruang anoda. Apabila nilai OD semakin besar maka semakin banyak jumlah sel bakteri di dalam reactor. Bertambahnya jumlah sel bakteri, semakin banyak pula proton dan electron yang dapat dihasilkan dari proses metabolisme sehingga tegangan dan arus yang terbaca semakin besar. Akan tetapi, karena jumlah glukosa pada fase stasioner tetap akibatnya terjadi perebutan makanan di antar sel bakteri sehingga tidak semua sel bakteri dapat melakukan metabolisme. Oleh karena itu penambahan nilai OD justru dapat menurunkan arus dan tegangan yang dihasilkan pada sistem MFC.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil pengukuran produksi listrik substrat batang sagu menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* pada sistem MFC, yang menghasilkan nilai arus maksimum dan tegangan maksimum yaitu 0.8 mA dan 91.04 mV. Hal ini dapat dikatakan bahwa batang sagu berpotensi produksi listrik.
2. Penambahan larutan elektrolit dan buffer, pada  $\text{KMnO}_4$  0.2 M dan buffer kalium fosfat pH 7 menghasilkan nilai arus maksimum dan tegangan maksimum yaitu sebesar 1.3 mA dan 102.3 mV, sedangkan pada penambahan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.2 M dan buffer natrium fosfat pH 7 menghasilkan nilai arus maksimum dan tegangan maksimum sebesar 0.8 mA dan 49.8 mV. Dari hasil pengukuran dapat disimpulkan penambahan larutan elektrolit dan buffer berpengaruh terhadap produksi listrik pada sistem MFC.
3. Besar *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) yang dihasilkan dari substrat batang sagu menggunakan bakteri *Lactobacillus plantarum* tanpa penambahan larutan elektrolit diperoleh nilai *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) sebesar  $50.082 \text{ mW}/\text{m}^2$ . Pada penambahan  $\text{KMnO}_4$  0.2 M dan buffer kalium fosfat pH 7 diperoleh nilai *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) sebesar  $91.082 \text{ mW}/\text{m}^2$  dan penambahan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.2 M dan buffer natrium fosfat pH 7 diperoleh nilai *power density* ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ) sebesar  $27.287 \text{ mW}/\text{m}^2$ .

#### 5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian yaitu sebaiknya pada penelitian selanjutnya melakukan pengujian mengenai pengaruh luas permukaan elektroda terhadap produksi energi listrik dengan menggunakan berbagai macam jenis elektrod.

## DAFTAR PUSTAKA

Al\_Qur'an

Ainun dan Linda. 2018. *Bioelectricity of Various Carbon Sources on Series Circuit from Microbial Fuel Cell System using Lactobacillus plantarum*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 21 (2) (2018): 70 – 74

Akhilender. 2003. *Dasar-Dasar Biokimia I*. Erlangga, Jakarta

Aprianti, Isnenti. 2016. *Hasil Hutan Yang Di Abaikan*. Forest Watch Indonesia

Arigeni1, Rubensio, dkk. 2019. *Analisis Produksi Energi Listrik Pada Microbial Fuel Cell Menggunakan Substrat Tongkol Jagung Dengan Kontrol Suhu*. ISSN : 2355-9365. e-Proceeding of Engineering : Vol.6, No.1 April 2019

Ayuti Siti Rani, dkk. 2016. *Dinamika Pertumbuhan Lactobacillus casei dan Karakteristik Susu Fermentasi Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan*. Jurnal Agripet : Vol (16) No.1 : 23-30

Baharuddin, dkk. 2015. *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Simbion Larva Kupu-Kupu Cossus Cossus Penghasil enzim selulase*. Al-Kimia

Barua, Pranab K. 2010. *Electricity Generation from Biowaste Based Microbial Fuel Cell*. International Journal of Energy, Information and Communications vol.1

Bukle, K.A., R.A. Edwards, dkk. 1997. *Ilmu Pangan* Penerjemah Hari Poernomo Adiono, Jakarta: UI

Botanri Samin, Dkk. 2010. *Studi Ekologi Tumbuhan Sagu (Spp) Dalam Komunitas Alami Di Pulau Seram, Maluku*. Universitas Darussalam Ambon

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. *Statistik Perkebunan Indonesia*. Jakarta: Published

Gokhan, C. 2002. *Some Properties of Crude Carboxymethyl Cellulase of Aspergillus niger Z10 Wild-Type Strain*. Turk J. Biol. 26 (2002) 209-213.

Ilmi,dkk. 2018. *The Effect of  $KMnO_4$  and  $K_3[Fe(CN)_6]$  Concentrations on Electrical Production in Fuel Cell Microbial System with Lactobacillus bulgaricus Bacteria in a Tofu Whey Substart*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 21 (1) (2018) : 49–53, ISSN: 1410-8917

Imam Kholiq. 2007. *Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. Energi dari Biomassa Hutan di Indonesia*, ISSN : 0917-8376 Edisi Vol.5/XVII/ November 2005 – INOVASI

Jumantara Bayu Agus.2011. *Modifikasi Selulosa Ampas Sagu Dengan Polimerisasi Pencangkakan Dan Penautan-Silangan*. Bogor:IPB

Kurniawan, Adistia Dian.2017.*Pemanfaatan Sistem Microbial Fuel Cell ( $MFC$ ) Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Pada Pengolahan Cod Dalam Lindi Menggunakan Tumbuhan Sente (Alocasia Macrorrhiza)*.Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 6, No. 2

Lee,Seung Won. Jeon,Bo Young Park,Doo Hyun.2010. *Effec of bacterial cell size on electricity generation in a single-compartmented microbial fuel cell*. Biotechnol Lett 32:483-487

Liu H dan Logan BE.2004. *Electriciy generation using an air chaode single-chamber microbial fuel cell in he presence and absence of proton exchange membrane*. J. Enviromental Science Tecnology 38.4040

Muftiana,Ilmi, dkk. 2018. *The Effect of  $KMnO_4$  and  $K_3[Fe(CN)_6]$  Concentrations on Electrical Production in Fuel Cell Microbial System with Lactobacillus bulgaricus Bacteria in a Tofu Whey Substart*. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 21 (1) (2018) : 49 – 53

Nguyen, T.D.T.2007. *Characterization Of Lactobacillus Plantarum PH04, A Potensial Probiotik Bacterium With Cholesterol-Lowring Effects*. International Journal of Food Microbiology. Volume 113

Purwono.dkk.2015.*Penggunaan Teknologi Reaktor Microbial Fuel Cells ( $MFCs$ )*

*Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Untuk Menghasilkan Energi Listrik.*Jurnal Presipitasi Vol. 12 No. 2 September 2015, ISSN 1907-187X57

Puspadewi Ririn, S.Si.,dkk.2011.*Aktivitas Metabolit Bakteri Lactobacillus plantarum dan Perannya dalam Menjaga Kesehatan Saluran Pencernaan.*Konferensi Nasional Sains dan Aplikasinya Universitas Jenderal Achmad Yani

Putra,Herlian E,dkk.2016.*Pemanfaatan Sistem Microbial Fuel Cell Dalam Menghasilkan Listrik Pada Pengolahan Air Limbah Industri Pangan.*Kampus LIPI:Bandung

Qibo Jia, Liling Wei, dkk.2014.*Factors that influence the performance of two-chamber microbial fuel cell.* International Journal of Hydrogen Energy, 39,25,(2014)13687-13693<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.04.023>

Riyanto Bambang,dkk.2011.*Energi Listrik Dari Sedimen Laut Teluk Jakarta Melalui Teknologi Microbial Fuel Cell.* Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Volume XIV Nomor 1 Tahun 2011: 32-42

Rizki,dkk. 2015. *Mfcs 2 In 1 : Microbial Fuel Cells Pengolah Air Limbah Dan Penghasil Listrik (Alternatif : Limbah Isi Rumen Sapi Dengan Pengaruh Variasi Cod Dan Ph).*Artikel Ilmiah – Universitas Diponegoro<http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php>

Salmine,S Wrigh AV,Arthur Ouwehand.2004. *Lactid Acid Bacteria Microbiological and Functional Aspects.*Third Ediiion Revised and Expanded Marcel Dekker Inc.New York

Sari rositari desi. 2017.*Studi Pemanfaatan Lumpur Sebagai SumberAlternatif Energi Dengan Menggunakan Microbial Fuel Cells (Mfcs).*Surabaya:ITSN

Sumimi,dkk.2016. *Kualitas Papan Komposit Kulit Batang Sagu (Metroxylon Sp) Dan Limbah Plastik Polipropilena Berdasarkan Penambahan Compatibilizer.* Jurnal Hutan Lestari. Vol. 4 (4) : 570 – 579

Shihab, M, Quraish. 2009. *Tafsir al-Misbah.* Jakarta : Lantera Hati

Suryana, A. 2007. *Arah dan Strategi Pengembangan Sagu di Indonesia.* Makalah

disampaikan pada lokakarya pengembangan sagu Indonesia. Batam, 25-26 Juli 2007.

Tania,dkk. 2017. *Evaluasi Produksi Listrik Sumber Energi Terbarukan Sel Elektrokimia Berbasis Mikroba Pada Volume Reaktor Yang Berbeda*. ISSN:2407 – 1846 Edisi Vol.01 November 2017

Utami Lisa,dkk. 2018. *Produksi Energi Listrik Dari Limbah Kulit Pisang (Musa Paradisiaca L.) Menggunakan Teknologi Microbial Fuel Cells Dengan Permanganat Sebagai Katolit*. al-Kimiya, Vol. 5, No. 2 (62-67) Desember 2018/Rabiul Awal 1439 H

Wirahadikusumah, M. 2001. *Biokimia : Protein, Enzim dan asam Nukleat*. ITB Press. Bandung.

Yogaswara, Rachmad Ramadhan,dkk.2017. *Studi Penambahan Mikroorganisme Pada Substrat Limbah Pome Terhadap Kinerja Microbial Fuel Cell*.Jurnal Teknik Kimia Vol 12, No 1, September 2017



## RIWAYAT HIDUP



Suriana Binti Ardi lahir di Malaysia 18 November 1997, penulis adalah anak ke lima dari pasangan suami istri Ardi dan Hamsia. Jumlah saudara penulis enam orang. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Puurau Kecamatan Ngapa Kabupaten Kolaka Utara lulus pada tahun 2010. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang SMP Negeri 3 Pakue Kecamatan Pakue Kabupaten Kolaka Utara dan lulus pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikannya ke jenjang SMA Negeri 1 Pakue dan menjadi alumni tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di jurusan fisika fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Alhamdulillah berkat doa ke dua orang tua sehingga Allah mempermudah segala urusan penulis dari awal menyandang status mahasiswa, hingga mampu menyelesaikan tugas akhir berjudul **”Pemanfaatan Sistem *Microbial Fuel Cell* (Mfc) Menggunakan Bakteri *Lactobacillus Plantarum* Dengan Substrat Batang Sagu (*Metroxylon*)”**. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi “Motivator Indonesia Mudah” dan FLP (Forum Lingkar Pena) ranting UIN Alauddin Makassar dan pernah mendapatkan penghargaan anugerah literasi UIN Alauddin Makassar. Cita-cita penulis menjadi Fisikawan mudah. Motto hidup penulis “Hidup Sekali Berjuang Berkali-Kali”.



## Lampiran I Pembuatan Larutan

### a. Pembuatan NaOH

Dik:  $V = 100 \text{ mL}$

$n = 1 \text{ mol/L}$

$M_r = 40 \text{ gr/mol}$

Jawab:

$$\begin{aligned} m &= n \times M_r \times V \\ &= 1 \times 40 \times 0,1 \\ &= 4 \text{ gr} \end{aligned}$$

4gr NaOH dilarutkan dengan aquades dan himpitkan pada labu takar 100 mL.

### b. Pembuatan HCL 1 M

Dik:  $V = 100 \text{ mL}$

kadar HCL = 37%

$M_2 = 1 \text{ mol/L}$

$\rho = 1.19 \text{ kg/m}^3$

$M_r = 36.5 \text{ gr/mol}$

Jawab

$$\begin{aligned} M &= \frac{\rho \times \% \times 1000}{M_r} \\ M &= \frac{1,19 \times \frac{3}{100} \times 1000}{36,5} \\ &= 12,06 \text{ mol/L} \end{aligned}$$

Sehingga

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,06 \text{ mol/L} = 100 \text{ mL} \times 1 \text{ M}$$

$$V_1 = 8,29 \text{ mL}$$

### c. Pembuatan Larutan Elektrolit

#### 1. $\text{KMnO}_4$ 0,2 M

Dik :  $V = 1000 \text{ mL}$

$n = 0,2 \text{ M}$

$M_r = 158 \text{ gr/mol}$

Jawab:

$$\begin{aligned} M &= n \times M_r \times V \\ &= 0,2 \text{ mol/L} \times 158 \text{ gr/mol} \times 1 \text{ L} \\ &= 31,6 \text{ gr} \end{aligned}$$

31,6 gr  $\text{KMnO}_4$  0,2 M dilarutkan dengan aquades dan himpitkan pada labu takar 1liter

**2.  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0,2 M**

Dik :  $V = 100 \text{ mL}$   
 $n = 0,2 \text{ M}$   
 $M_r = 329 \text{ gr/mol}$

Jawab:

$$\begin{aligned} M &= n \times M_r \times V \\ &= 0,2 \text{ mol/L} \times 329 \text{ gr/mol} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 6,58 \text{ gr} \end{aligned}$$

6,58 gr  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0,2 M dilarutkan dengan aquades dan himpitkan pada labu takar 100 mL.

#### Lampiran IV Perhitungan kerapatan Daya (*Power Density*)

##### a. Tanpa Penambahan Larutan Elektrolit

Dik : Arus = 0.8 mA  
 Tegangan = 91.4 mV  
 Luas Permukaan Elektroda =  $1,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,00146 \text{ m}^2$   
 Dit: Nilai *Power Density* ( $\text{mW/m}^2$ )...?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Nilai } Power \text{ Density} &= \frac{I(\text{mA}) \times V(\text{mV})}{A \text{ m}^2} \\ \text{Nilai } Power \text{ Density} &= \frac{0.8(\text{mA}) \times 91.4(\text{mV})}{0.00146 \text{ m}^2} \\ \text{Nilai } Power \text{ Density} &= 50.082 \text{ mW/m}^2\end{aligned}$$

##### b. Penambahan $\text{KMnO}_4$ 0,2 M dan buffer Kalium Fوسفat pH 7

Dik : Arus = 1.3 mA  
 Tegangan = 102.3 mV  
 Luas Permukaan Elektroda =  $1,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,00146 \text{ m}^2$   
 Dit: Nilai *Power Density* ( $\text{mW/m}^2$ )...?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Nilai } Power \text{ Density} &= \frac{I(\text{mA}) \times V(\text{mV})}{A \text{ m}^2} \\ \text{Nilai } Power \text{ Density} &= \frac{1.3(\text{mA}) \times 102.3(\text{mV})}{0.00146 \text{ m}^2} \\ \text{Nilai } Power \text{ Density} &= 91.089 \text{ mW/m}^2\end{aligned}$$

##### c. Penambahan $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0,2 M dan buffer Natrium Fوسفat pH 7

Dik : Arus = 0.8 mA  
 Tegangan = 49.8 mV  
 Luas Permukaan Elektroda =  $1,46 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,00146 \text{ m}^2$   
 Dit: Nilai *Power Density* ( $\text{mW/m}^2$ )...?

Jawab:

$$\begin{aligned}\text{Nilai } Power \text{ Density} &= \frac{I(\text{mA}) \times V(\text{mV})}{A \text{ m}^2} \\ \text{Nilai } Power \text{ Density} &= \frac{0.8(\text{mA}) \times 49.8(\text{mV})}{0.00146 \text{ m}^2} \\ \text{Nilai } Power \text{ Density} &= 27.287 \text{ mW/m}^2\end{aligned}$$

### Lampiran III Dokumentasi

#### a. Proses Pembuatan Reaktor MFC Dual Chamber



#### b. Proses Pembuatan Substrat Batang Sagu



Batang Sagu

Dihaluskan

### c. Proses Pembuatan Inokulum



Media Inokulum

Isolat



Setelah di shaker selama 24 jam

**d. Proses Pembuatan  $\text{KMnO}_4$  0,2 M**



$\text{KMnO}_4$  + Aquades

larutan  $\text{KMnO}_4$  1 L

**e. Proses Pembuatan  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$**



$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  + aquades

$\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  100 mL

ALAUDDIN  
MAKASSAR



**f. Proses Pembuatan Jembatan Garam**



Agar + aquades + KCL



dimasukkan ke dalam pipa

**g. Proses Eksprimen dan Pengukuran**



Substrat+elektrolit+bakteri+buffer



Pengukuran setiap 4 jam selam 36 jam

M A K A S S A R

#### h. Proses pengukuran kurva pertumbuhan bakteri



Inokulum



Media inokulum



Shaker inkubator

